

Diseño de un plan de mejoramiento del servicio de reparación de motores 3516 en la
superintendencia de Reconstrucción en Carbones del Cerrejón basado en la metodología de
Benchmarking

Autores:

Ing. Oscar Fúnez Badel

Ing. Bryan Morro Salcedo

Directoras:

Ing. Carmen Berdugo Ph.D

Ing. Rita Peñabaena Ph.D

Universidad del Norte

Departamento de Ingeniería Industrial

Maestría en Ingeniería Administrativa

Barranquilla, Colombia

2017



DECLARACIÓN DE AUTORÍA ORIGINAL

"El informe del proyecto que figura en este documento no ha sido presentado previamente para optar por un título o diploma en esta o en cualquier otra institución de educación superior. Es resultado del conocimiento y creencia de los autores y no contiene ningún material publicado o escrito por otra persona excepto donde previamente se hace la debida referencia".

AGRADECIMIENTOS

A los funcionarios de Carbones del Cerrejón y Relianz que brindaron su apoyo y esfuerzo para la ejecución de este proyecto.

A nuestras esposas e hijos cuya paciencia y apoyo fue fundamental para mantener el ánimo en momentos difíciles y por el tiempo de familia cedido para la culminación exitosa del proyecto.

A nuestras directoras Rita Peñabaena y Carmen Berdugo por su empeño en mostrarnos el camino a la excelencia.

Oscar Fúnez Badel

Bryan Morro Salcedo

TABLA DE CONTENIDOS

Portada.....	i
Declaración de autoría original	ii
Agradecimientos	iii
Tabla de contenido	iv
Lista de tablas.....	ix
Lista de figuras	xi
Lista de anexos	xiii
Resumen	xiv
Abstract	xv
 Capítulo 1: Presentación del proyecto.....	 1
Introducción	1
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.1.1 Identificación de la problemática.....	2
1.1.2 Antecedentes de la problemática	4
1.1.2.1 Carbones del Cerrejón.....	4
1.1.2.2 Superintendencia de Reconstrucción	5
1.1.2.3 Mercado del carbón.....	7
1.1.2.4 Crisis del precio del carbón.....	9
1.1.2.5 Conclusión de Antecedentes	13
1.1.3 Justificación	16
1.2. Objetivos y resultados esperados.	18
1.2.1 Objetivo General.....	18
1.2.2 Objetivos específicos.	18
1.3. Metodología.	19
1.3.1 Etapa 1 Caracterización del proceso de Reconstrucción en Cerrejón.	19
1.3.2 Etapa 2 Diagnóstico operativo del área de Reconstrucción Cerrejón.....	19
1.3.3 Etapa 3 Elaboración de Benchmarking servicio reparación de motores 3516.	19

1.3.4 Etapa 4 Establecimiento de actividades para plan de mejora.	19
1.3.5 Diagrama de la estructura de las etapas metodológicas	20
1.4. Alcances y limitaciones.....	21
1.4.1 Alcances.....	21
1.4.2 Limitaciones.	21
Capítulo 2: Marco de Referencia.....	22
2.1 Marco conceptual.	22
2.2 Marco Teórico.....	24
2.2.1 Benchmarking.....	24
2.2.2 Clasificación de los tipos de Benchmarking.....	25
2.2.3 Autores y modelos de Benchmarking.....	26
a. Modelo de Michael J. Spendolini	27
b. Modelo de Ghobadian y Woo	27
c. Modelo de Kaiser Associates	30
d. Modelo de Andersen y Moen	31
e. Modelo de Robert C. Camp	32
2.2.4 Planes de Mejoramiento.	34
2.2.4.1 Modelo ANECA	34
2.2.4.2 Modelo AQU.....	38
2.2.4.2.1 La elaboración y el establecimiento de los planes de mejora.	40
2.2.4.2.2 Responsables del establecimiento de los planes de mejora.	40
2.2.4.2.3 Estructura y contenido de los planes de mejora.	41
2.2.4.2.4 El seguimiento y la revisión de los planes de mejora.	42
2.2.5 Diagnóstico Operativo.	43
2.2.5.1 Etapas de un diagnóstico operativo.....	43
2.3 Marco Espacial.....	45
2.4 Definición de Referentes.....	45
2.4.1 Modelo de Benchmarking.....	45
2.4.2 Modelo plan de mejoramiento.....	47
2.5 Análisis.....	48

Capítulo 3: Propuesta de diseño de plan de mejoramiento.....	51
3.1 Caracterización de proceso de reconstrucción de motores 3516 en Cerrejón	51
3.1.1 Descripción de proceso	51
3.1.2 Flujograma del proceso	53
3.1.3 Flujograma de información del proceso	54
3.1.4 Descripción del producto	55
3.1.4.1 Características del motor	56
3.1.5 Descripción de los recursos	56
3.2 Definición de Factores críticos de proceso	58
3.2.1 Analisis y conclusiones.....	60
3.3 Diagnóstico operativo del proceso de reconstrucción de motores 3516 Cerrejón	63
3.3.1 Aplicación de metodología FODA	63
3.3.1.1 Ámbito Interno (Fortalezas - Debilidades).....	64
3.3.1.2 Ámbito Externo (Oportunidades - Amenazas).	64
3.3.1.3 Análisis de las variables de matriz FODA.....	64
3.3.1.4 Matriz FODA: Determinación de condiciones reales	66
3.3.1.4 Matriz de ponderación :FODA	68
3.3.2. Definición y aplicación de herramientas de diagnostico	69
3.3.3 Análisis	70
3.3.3.1 Análisis Cuantitativo	70
3.3.3.2 Análisis Cualitativo	77
3.3.3.2.1 Revisión del área de trabajo	78
3.3.3.2.2 Recolección de datos	80
3.3.3.2. Conclusiones	81
3.4 Aplicación de Benchmarking	83
3.4.1 Determinación del alcance del benchmarking	83
3.4.2 Identificar al socio del benchmarking	83
3.4.3 Definición de los factores críticos de éxito FCE.	84
3.4.4 Recolección de la información.	84

3.4.4.1 Herramientas para recopilación de información.	84
3.4.4.2 Recolección de información.	84
3.4.4.2.1 Producción	84
3.4.4.2.2 Recursos Humanos.	91
3.4.4.2.3 Costos.	92
3.4.4.2.4 Sistemas de Información.	92
3.4.4.2.5 Características del producto.	92
3.5 Análisis	94
3.5.1 Producción.	94
3.5.2 Recursos Humanos.	97
3.5.3 Sistemas de Información.	98
3.5.4 Características del producto.	99
3.5.5 Conclusiones	100
 Capítulo 4: Plan de mejoramiento del servicio de reparación de motores CAT 3516....	101
4.1 Definición de impactos y priorización	101
4.1.1 Impacto en el proceso.	101
4.1.2 Tiempo de implementación	101
4.1.3 Recursos requeridos.	102
4.2 Propuestas de acciones de mejora	103
4.2.1 Producción.	104
4.2.2 Recursos Humanos.	107
4.2.3 Sistemas de Información.	109
4.2.4 Características de producto.	111
4.2.5 Conclusiones	112
4.3 Propuesta de plan de implementación	113
4.3.1 Etapas de implementación.	113
4.3.2 Cronograma de implementación de actividades del plan de mejora	114
4.3.3 Costos de implementación propuesta para los procesos de mejora.	116
4.3.4 Evaluación de costos de implementación	117

Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones	119
5.1 Principales Hallazgos	119
5.2 Resultados por objetivos	120
5.3 Recomendaciones.....	120
5.4 Líneas futuras	121
Lista de Referencias	122
Anexos	124

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 a) Referencias de componentes mayores reparados según el taller Reconstrucción ..	14
Tabla 1 b) Referencias de componentes mayores reparados según el tipo de equipo	14
Tabla 2. Producción de componentes reparados en el año 2016.....	15
Tabla 3. Top 5 componentes de mayor impacto costos Reconstrucción Cerrejón..	15
Tabla 4. Evaluación modelo de Benchmarking para utilizar en el proyecto.....	46
Tabla 5.a) Especificaciones de medidas en motor 3516 CAT	55
Tabla 5.b) Especificaciones operación motor 3516 CAT	55
Tabla 6. Descripción de recursos requeridos en el proceso de armen de motor 3516..	57
Tabla 7. Resumen de personal consultado sobre factores críticos del proceso de reconstrucción	58
Tabla 8. Consolidado de resultado entrevistas sobre percepción factor crítico producción ..	59
Tabla 9. Consolidado de resultado entrevistas sobre percepción factor crítico R.H	59
Tabla 10. Consolidado de resultado entrevistas sobre percepción factor crítico costos	60
Tabla 11. Consolidado de resultado entrevistas sobre percepción factor crítico producto	60
Tabla 13. Orden de importancia de factores críticos del proceso	61
Tabla 14. Orden de importancia de ítems según factor críticos del proceso	61
Tabla 15. Determinación de condiciones reales (FODA)	67
Tabla 16. Matriz ponderación (FODA)	68
Tabla 17. Ítems del factor crítico del proceso de producción	70
Tabla 18. Promedio de tiempos de ciclo de procesamiento motor 3516	71
Tabla 19. Productividad talleres motores 3516 periodo 2011-2016	72
Tabla 20. Promedio de tiempos de espera subprocesos	72
Tabla 21. Ítems de factor crítico del proceso de recursos humanos	74
Tabla 22. Contratista y entrenamiento en 2016 en proceso de reconstrucción de Motores	74
Tabla 23. Ítems de factor crítico del proceso de costos	75
Tabla 24 Promedio de costos HH y materiales para el motor 3516 en el periodo 2016	75
Tabla 25. Ítems de factor crítico del proceso de características del producto	75
Tabla 26. Ítems de factor crítico del proceso de sistema de información	76

Tabla 27. Temas de relevancia agrupados por factor crítico de proceso en el proceso de reconstrucción en Cerrejón	82
Tabla 28a. Ventajas y Desventajas de las herramientas de recopilación de datos para el benchmarking de Spendolini.....	85
Tabla 28b. Estructura combinada de herramientas para la recopilación de datos.....	86
Tabla 29. Listado herramientas principales reconstrucción motores 3516.....	91
Tabla 30. Principales diferencias en el FCE de producción.....	95
Tabla 31. Principales diferencias en el FCE de Recursos Humanos	97
Tabla 32. Principales diferencias en Sistemas de información	98
Tabla 33. Principales diferencias en Características de producto	99
Tabla 34. Actividad de mejoramiento propuesta para el FCE montacargas..	104
Tabla 35. Actividad de mejoramiento propuesta para el FCE montacargas..	105
Tabla 36. Actividad de mejoramiento propuesta para factor crítico de proceso: producción, herramientas menores.....	106
Tabla 37. Actividad de mejoramiento propuesta para el factor crítico de producción	107
Tabla 38. Actividad de mejoramiento propuesta para el FCE Producción, tópico materiales	107
Tabla 39. Actividad de mejoramiento propuesta para el FCE Competencias.....	108
Tabla 40. Actividad de mejoramiento propuesta para el FCE Competencias.....	108
Tabla 41. Actividad de mejoramiento propuesta para el factor crítico de proceso Producción, FCE: fuerza laboral	109
Tabla 42. Actividad de mejoramiento propuesta para el factor crítico de proceso Recursos Humanos, tópico reconocimiento	110
Tabla 43. Actividad de mejoramiento propuesta para el factor crítico de proceso Sistemas de información	111
Tabla 44. Actividad de mejoramiento factor crítico de proceso Sistemas de información	111
Tabla 45. Actividad de mejoramiento propuesta para el factor crítico de proceso Sistemas de información	112
Tabla 46. Cronograma de implementación de los factores críticos de éxito	116
Tabla 47. Resumen de costos de implementación actividades de mejora de los factores críticos de éxito	117
Tabla 48. Variables y resultados de la evaluación financiera del plan de implementación	117

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. % diferencia relación costo-desempeño Reconstrucción versus Relianz.....	3
Figura 2. Estructura de la Gerencia de Mantenimiento en Carbones del Cerrejón.....	6
Figura 3. Distribución del consumo de energía actual y su proyección hasta 2035.....	7
Figura 4. Principales países exportadores de carbón a nivel mundial en Ton Metricas.....	8
Figura 5. Proyección del mercado del carbón desde productores	8
Figura 6. Costos de producción por ton principales países exportadores año 2012... ..	9
Figura 7. Precio del carbón en USD/MT en el período de 15 años	10
Figura 8. Precio del carbón en USD/MT en el período de 5 años	10
Figura 9. Crecimiento proyectado de producción de Shale Gas en estados unidos	11
Figura 10. Crecimiento de producción y exportación de carbón período 2012-2015.....	11
Figura 11. Porcentaje de crecimiento del PIB de China período 2010-2016	12
Figura 12. Relación temperatura global dióxido de carbono liberado a atmosfera... ..	13
Figura 13. Diferencia en costo unitario horario de componentes reparados en Cerrejón vs Externo en el período 2010-2015	16
Figura 13. Diagrama de flujo de la estructura metodológica del proyecto.....	20
Figura 14. Etapas en la elaboración de un diagnóstico operativo.....	43
Figura 15. Diagrama de propuesta del método de Benchmarking	49
Figura 16. Flujograma del proceso.....	53
Figura 17. Flujograma de informacion del proceso	54
Figura 18. a) Motor modelo 3516 CAT b) Configuración esquemática de motor 3516 CAT..	56
Figura 19. Demanda Vs Produccion de motores 3516 en el Taller de Reconstruccion 201649	
Figura 20. Items del factor critico del proceso de sistema de informacion	77
Figura 21. Estructura de trabajo Equipo carbones del Cerrejon	78
Figura 22. Distribución áreas de talleres superintendencia de reconstruccion - flujo.....	79
Figura 23. Diagrama de flujo del proceso de Reconstrucción de motores 3516 en Relianz....	88
Figura 24. Representación de actividades macro del tiempo usado en reconstrucción motor CAT 3516 en Relianz	90

Figura 25. Diagrama del proceso de construcción de una actividad de mejora del factor crítico de producción , FCE Montacargas	91
Figura 26. Etapas de implementación	113
Figura 27. Área de recibo de motores.....	120
Figura 28. Tarjeta de información al recibo de motor en área de Reconstrucción... ..	121
Figura 29. Área de almacenamiento temporal patio motores	121
Figura 30. Área de lavado	121
Figura 31. Estación de trabajo típica para reconstrucción motores 3516... ..	122
Figura 32. Ingreso de motor 3516 para reconstrucción.....	123
Figura 33. Motor 3516 en proceso de desarme.....	123
Figura 34. Partes de Motor preparadas para lavado en máquinas.....	123
Figura 35. Arme de motor 3516 en proceso	124
Figura 36. Motores componentes reconstruidos para enviar a almacenamiento bodega	124
Figura 37. Tarjeta información liberación de componente reparado de Reconstrucción.....	125
Figura 38. Imagen de pantalla ERP Ellipse OT de motor 3516.....	126

LISTA DE ANEXOS

Anexo A Imágenes del proceso de reconstrucción de motores 3516 CAT.....	124
Anexo B Imagen de orden de trabajo de reconstrucción de motor 3516 CAT	130
Anexo C Instructivo FO-MAR-MO151 Reconstrucción motor 3516 CAT	131
Anexo D Cuestionario Benchmarking	135
Anexo E Preguntas para el análisis de procesos	138
Anexo F Formato de plan de mejoramiento.....	147

RESUMEN

La crisis en el mercado del carbón genera un impacto en el sector empresarial, que aumenta la necesidad de una operación más esbelta y eficiente. Carbones del Cerrejón representa el mejor ejemplo de la industria del carbón en Colombia y enfrenta al igual que sus pares los efectos de un mercado global golpeado. Cada una de las unidades productivas y administrativas de la organización están llamadas a mejorar la productividad y generar todas las acciones que aumenten la rentabilidad del negocio. La superintendencia de Reconstrucción es una unidad funcional y estratégica del departamento de Mantenimiento que presta el servicio de reparación de componentes para las flotas mineras, y que se plantea la necesidad de mejorar sus indicadores para mantener la ventaja estratégica de ahorros que ha prestado a Carbones del Cerrejón. Ante un difícil escenario de aumento de competencia con los proveedores externos de componentes, se requiere hacer un ejercicio de Benchmarking para identificar las brechas y oportunidades que debe apuntalar la Superintendencia de Reconstrucción para mejorar el indicador de costo unitario horario y mantener la ventaja estratégica. A continuación en este trabajo se plantea el desarrollo de la iniciativa mencionada.

ABSTRACT

The crisis in the coal market has an impact on the business sector which increases the need for a leaner and more efficient operation. Carbones del Cerrejón represents the best example of the coal industry in Colombia and faces, like its peers, the effects of a global market hit. Each of the productive and administrative units of the organization is called to improve productivity and generate all the actions that increase the profitability of the business. The Rebuilding Shop is a functional and strategic unit of the Maintenance department that provides the component repair service for the mining fleets that has the need to improve its indicators to keep the strategic savings advantage it has provided to Carbones del Cerrejón. Faced with a difficult scenario of increased competition with external suppliers of components, it is necessary to do a Benchmarking exercise to identify the gaps and opportunities that should be supported by the Rebuilding Shop to improve the hourly unit cost indicator and maintain the strategic advantage for Carbones del Cerrejón. In this work, the preliminary draft of the mentioned initiative is presented.

INTRODUCCIÓN

En el actual nivel de competencia en los negocios es apremiante para las empresas analizar las condiciones sobre las cuales operan sus competidores y delimitar las debilidades y fortalezas frente a los mismos para desarrollar planes de mejoramiento en sus procesos que permitan, mantener la productividad, competitividad y liderazgo en el entorno cambiante. Carbones del Cerrejón se ha destacado por inculcar una cultura de mejora continua en sus negocios por lo que la crisis actual de precios del carbón se presenta como una oportunidad para validar el éxito de la organización. En este proyecto se revisa una unidad funcional de la empresa que con la ayuda de la metodología Benchmarking logra generar un plan de mejoramiento para mantener su sostenibilidad. El ejercicio de comparación se realiza entre la superintendencia de reconstrucción y sus competidores en el entorno regional, específicamente en el proceso de reconstrucción de motores modelo 3516 CATERPILLAR, que corresponde el 50% del gasto anual de la división. Con la aplicación de la metodología de Benchmarking se busca aprender de los otros, identificando y estudiando las mejores prácticas de nuestro competidor. La clave de esta técnica es separar las medidas comunes en funciones similares y comparar en la práctica, el área de reconstrucción de motores modelo 3516 Caterpillar en Cerrejón con la misma área en la empresa Relianz que se identifica como líder regional y dueño de la propiedad intelectual de la reparación del modelo de motor.

CAPITULO 1: PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

En este capítulo se muestra en detalle la problemática que se presenta en el área de Reconstrucción enmarcándola en los antecedentes de la compañía y de la crisis mundial de precios del carbón. Igualmente se plantean los objetivos que pretende lograr el proyecto y la metodología que se usará paso a paso.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1 Identificación de la problemática

Los ciclos económicos a los que se encuentra sometido el mercado de las materias primas generan una presión sobre las organizaciones que están relacionadas con la explotación, extracción, transporte y mercadeo de los mismos. La flexibilidad y capacidad de reacción es la que permite a las organizaciones mantener la competitividad premiándolas con la sostenibilidad y crecimiento en el largo plazo. En Colombia, Carbones del Cerrejón, empresa con más de 35 años de operación en el norte de Colombia es una empresa dedicada a la extracción, transporte y exportación de carbón térmico con mercados en Europa, Estados Unidos y Asia, representa un ejemplo claro de una organización estable, flexible y capaz de afrontar los vaivenes que los ciclos económicos que se han presentado en el reñido mercado del carbón térmico.

Desde el 2011 y como consecuencia de una desaceleración económica internacional se ha visto afectado el precio del carbón térmico retando a todas las carboneras a nivel mundial a mejorar y mantener su competitividad como es el caso de Carbones del Cerrejón, que creó una iniciativa corporativa conocida como MEJORA, dentro de la cual se definen, generan y controlan todas las actividades de cada dependencia alineadas hacia el objetivo organizacional de mejora de la competitividad. La Gerencia de Mantenimiento de Equipos Mineros que hace parte de la estructura central de la organización, se enfrenta al reto de ser más competitivo y ayudar a la sostenibilidad de Carbones del Cerrejón; para ello hay un esfuerzo constante en maximizar la productividad y estructuras operacionales y administrativas alineadas con la iniciativa corporativa MEJORA. En la Gerencia de Mantenimiento de Equipos Mineros existe un área de soporte particular que representa una ventaja estratégica para la producción y suministro de componentes mayores para el mantenimiento de los equipos de minería, dicha área conocida

como Superintendencia de Reconstrucción tiene la misión de reparar y reconstruir los componentes mayores como motores, transmisiones, cilindros, y otros, con el menor costo posible en comparación con los proveedores tradicionales que suministran dichos componentes a las otras mineras de la región. En general, en las empresas mineras a nivel internacional los proveedores externos son los encargados de prestar el servicio de reconstrucción de componentes mayores, cobrando grandes sumas de dinero por el margen de suministro de repuestos y costos de mano de obra. Gracias a la posibilidad de reconstrucción de componentes en Cerrejón, hay un potencial estratégico operacional que permite ser más competitivos que otras organizaciones similares cuando se consolida una mejor relación costo/desempeño que los proveedores externos tradicionales. La diferencia de la relación costo/desempeño mencionada se expresa generalmente como el costo unitario de reparación (CU) de un componente y el número de horas de servicio que entrega antes de su remoción (VM, Vida Media). Para el caso del motor modelo 3516 Caterpillar la diferencia a favor de Cerrejón representa una ventaja competitiva en los costos de mantenimiento de la flota pero se ha percibido y demostrado que la diferencia de la relación se ha visto disminuida a lo largo de los años recientes (ver Figura 1) por lo que se cuestiona en la organización la permanencia o sostenibilidad del taller de reconstrucción, y ante esta nueva realidad: ¿Cómo se puede mejorar la competitividad de los componentes reconstruidos en el taller de Reconstrucción?.

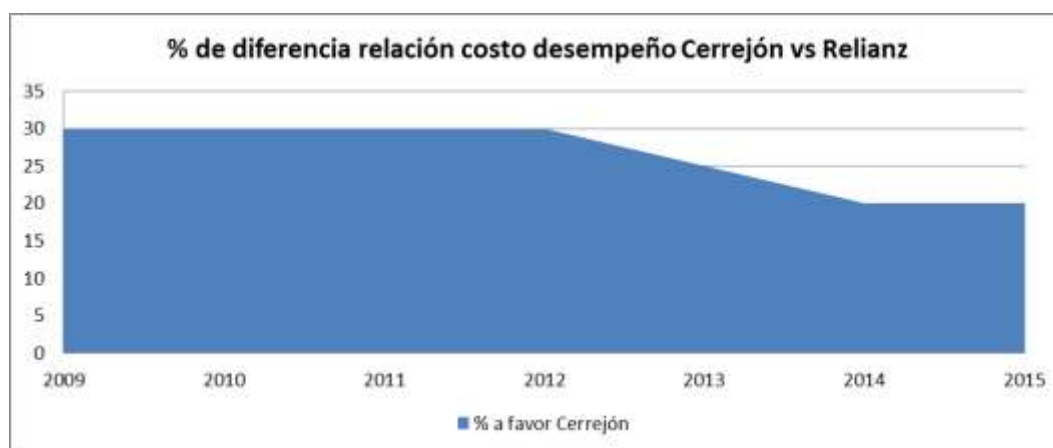


Figura 1. % diferencia relación costo-desempeño Taller de Reconstrucción versus Relianz. Fuente: Construcción propia

1.1.2 Antecedentes de la problemática

1.1.2.1 Carbones del Cerrejón

Carbones del Cerrejón es un complejo de minería y transporte integrado en La Guajira, departamento ubicado en el extremo norte de Colombia. Abarca una mina a cielo abierto de carbón térmico que produce más de 32 millones de toneladas al año, un ferrocarril de 150 km de largo y un puerto marítimo de cargue directo capaz de recibir buques de hasta 180.000 toneladas de capacidad. Emplea a 10.000 personas, de las cuales más del 99% son nacionales colombianas; es el exportador de carbón más grande en Colombia.

Cerrejón es una empresa conjunta, de gestión independiente, perteneciente en tres partes iguales a BHP Billiton, Anglo American y Glencore.

La operación de extracción de carbón en Cerrejón se desarrolla bajo los más altos estándares de seguridad y de calidad con el compromiso de entregar al mercado internacional un producto de bajo contenido de ceniza y azufre, generando así un menor impacto sobre las personas y el medio ambiente.

La fortaleza de la operación de Cerrejón es la integración de los procesos productivos (mina-ferrocarril-puerto), lo que garantiza mayor eficiencia en el conjunto de la operación.

En 1975 el gobierno colombiano invita a 17 firmas a participar en la licitación para la explotación de 32.000 ha que actualmente componen el Cerrejón Zona Norte. Sólo cinco de estas compañías se presentaron y únicamente tres cumplieron con los requisitos: Intercor, filial de Exxon, fue la escogida. Carbones de Colombia S.A. (Carbocol) e Intercor, firmaron un contrato de asociación por 33 años para desarrollar las reservas carboníferas de El Cerrejón Zona Norte. Este contrato contempló tres etapas: exploración (1977-1980), construcción (1981-1986) y producción (1986-2009). En enero de 1999 se firmó un acuerdo con el Estado colombiano para extender la última etapa por 25 años más, hasta 2034.

En 1983 el gobierno nacional otorgó en concesión a Carbocol unas zonas de playa y terrenos de bajamar en Bahía Portete y autorizó la construcción y operación de un puerto privado para la explotación y exportación del carbón y todos aquellos productos necesarios de infraestructura de los proyectos carboníferos, se le da el nombre de Puerto Bolívar al más importante puerto carbonífero de América Latina que contaría con un canal dragado de cuatro km. de longitud, 19 m de profundidad y 225 m de ancho, con capacidad inicial para recibir barcos de hasta 180.000 t. de peso muerto.

Más adelante durante el año 2000. Se vendió la participación de Carbocol en el Cerrejón Zona Norte (50%), al consorcio integrado por dos subsidiarias de Billiton Company, una subsidiaria de Anglo American y una subsidiaria de Glencore que conforman la Sociedad Cerrejón Zona Norte S.A. Pero para el año 2002 las subsidiarias de Anglo American, BHP Billiton y Glencore adquieren el 50% restante de Cerrejón Zona Norte, mediante la compra de la participación de Exxon Mobil en Intercor, convirtiéndose así en dueños únicos por partes iguales de Carbones del Cerrejón Limited, Cerrejón, cuyos accionistas son subsidiarias de las tres compañías antes mencionadas.

Para el año 2016 cerrejón ha acumulado la cifra de exportación de carbón de 700 millones de toneladas de carbón y se ubica entre las 10 empresas más grandes del país

1.1.2.2 Superintendencia de Reconstrucción

La Superintendencia de Reconstrucción hace parte de la estructura del departamento de mantenimiento como una unidad de soporte a las operaciones principales de mantenimiento de las flotas mineras (Figura 2). Su objetivo garantizar la disponibilidad de los componentes mayores para el mantenimiento de las flotas con una calidad similar a los representantes de la marca situados en Barranquilla y con un costo menor basado en la negociación directa de los repuestos con los fabricantes de los equipos y la productividad de la mano de obra entrenada y certificada.

La Superintendencia de Reconstrucción fue concebida desde el principio de la operación minera como una estrategia operativa y logística para el suministro de los componentes mayores que requería el mantenimiento de las flotas mineras. Para el correcto funcionamiento de las palas, camiones, tractores, motoniveladoras y otros equipos es necesario el cambio periódico de componentes mayores como motores, componentes eléctricos e hidráulicos cuyo arme y reparación requieren de una experiencia y repuestos de costo mayor que tradicionalmente en las mineras alrededor del mundo está delegado a terceros que son los representantes de cada fabricante y que cobran valores muy altos asociados a margen de representación de la marca en el país.

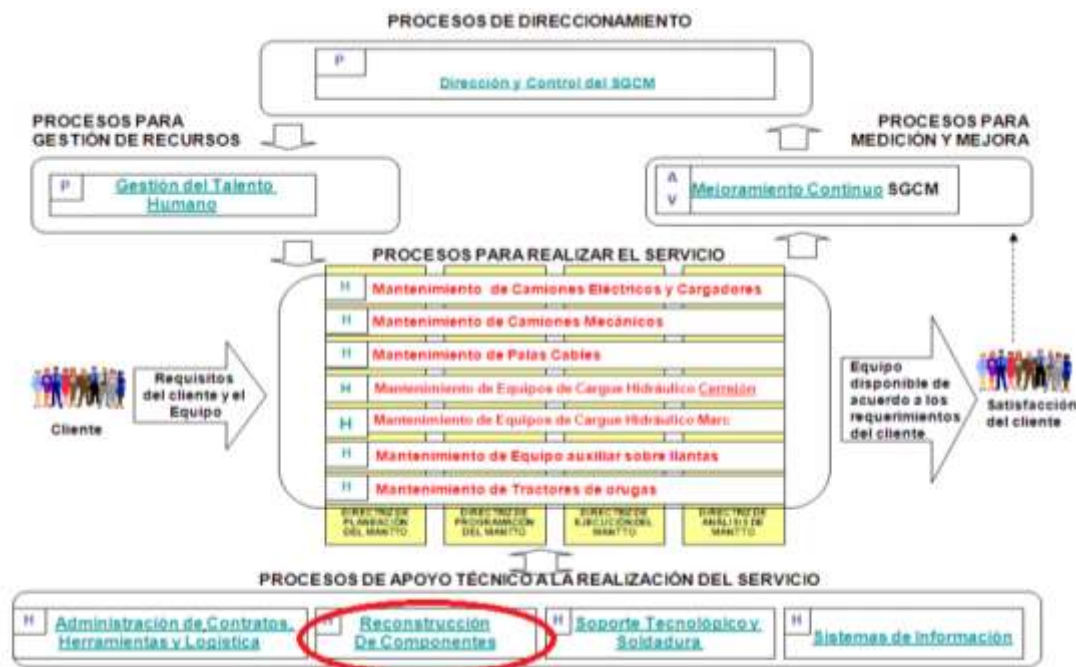


Figura 2. Estructura de la Gerencia de Mantenimiento en Carbones del Cerrejón. Fuente: SGC Mantenimiento Carbones del Cerrejón.

La ubicación del complejo minero para el año de 1983 representaba un reto de infraestructura para el transporte de mercancías y repuestos. Aunque para mucho de estos insumos se utilizó exitosamente la línea del tren que venía de Puerto Bolívar seguía siendo insuficiente para el suministro de los componentes mayores que requería el mantenimiento de la flota minera.

La infraestructura se finalizó en el año de 1985 pero su planeación había requerido del entrenamiento de los primeros técnicos e ingenieros que se capacitaron en Barranquilla desde 1983. La producción de los componentes se enfocó inicialmente en motores de los equipos que estaban en la operación temprana y más adelante se agregó la reconstrucción de componentes hidráulicos como cilindros, mandos finales, transmisiones, diferenciales, entre otros, asimismo componentes eléctricos como motores, alternadores. Para el año 2016 la superintendencia de reconstrucción cuenta con un personal de supervisión y análisis de 14 empleados y con 200 técnicos divididos en 6 talleres especializados según el tipo de componente que reparan: Taller motores, taller hidráulico, taller eléctrico, taller de soldadura y rodaje, taller electrónico, taller electrónica. Se reparan 100 referencias distintas y se reparan al año 1200 componentes mayores aproximadamente.

1.1.2.3 Mercado del carbón.

El carbón es después del petróleo, la principal fuente de energía en el mundo con un porcentaje de consumo en el 2016 cercano al 30%, Figura 3, (Fuente BP PLC 2016 Energy Outlook). Son muchos los países en el mundo que generan una cantidad importante de empleo y divisas alrededor de la explotación de este mineral como se puede ver en la figura 4.

De acuerdo con las proyecciones de la agencia internacional de energía IEA con sede en Estados Unidos, el carbón seguirá siendo una de las tres principales fuentes de energía mundial dentro de los próximos 30 años, cediendo el segundo lugar al gas natural que tendrá un crecimiento sostenido por su menor impacto ambiental y menor costo relativo, por lo que la explotación y extracción de carbón energético sigue siendo un excelente negocio en el que se basan las economías de muchos países emergentes o representan un porcentaje alto de la producción económica de otros.

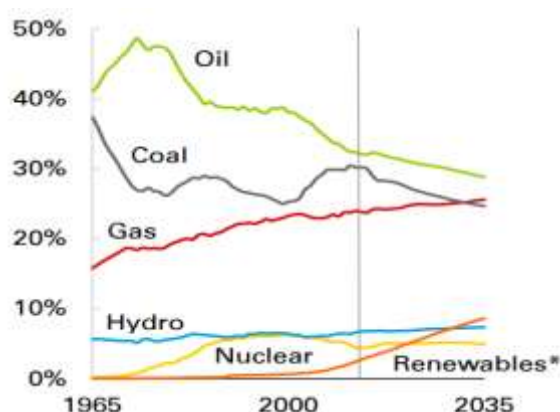


Figura 3. Distribución del consumo de energía actual y su proyección hasta 2035. Fuente: BP PLC 2016 Energy Outlook

En la figura 4 y 5 se puede apreciar que los países con vocación exportadora de carbón se encuentran diseminados a lo largo de todos los continentes y en el quinto lugar se encuentra Colombia que exporta aproximadamente 100 millones de toneladas de carbón con destino a Europa, Brasil y Asia.

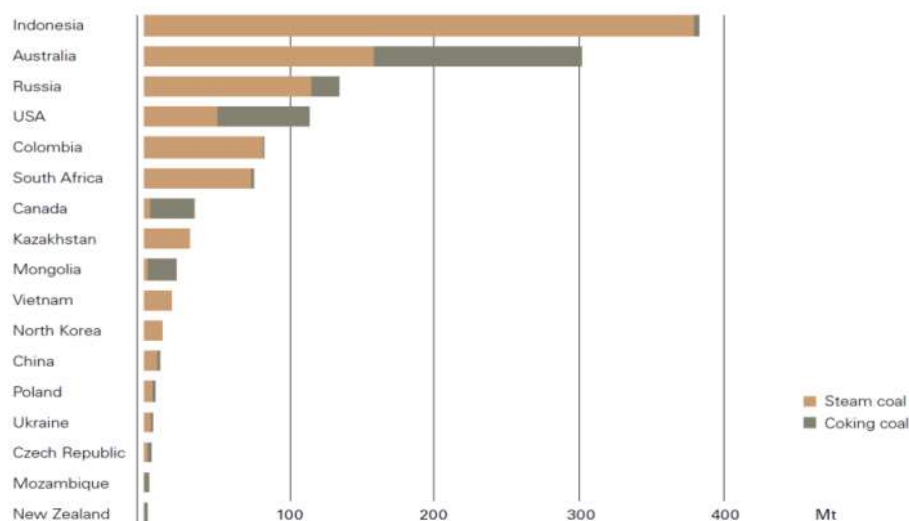


Figura 4. Principales países exportadores de carbón a nivel mundial en Ton métricas. Fuente: EURACOAL, IEA 2013

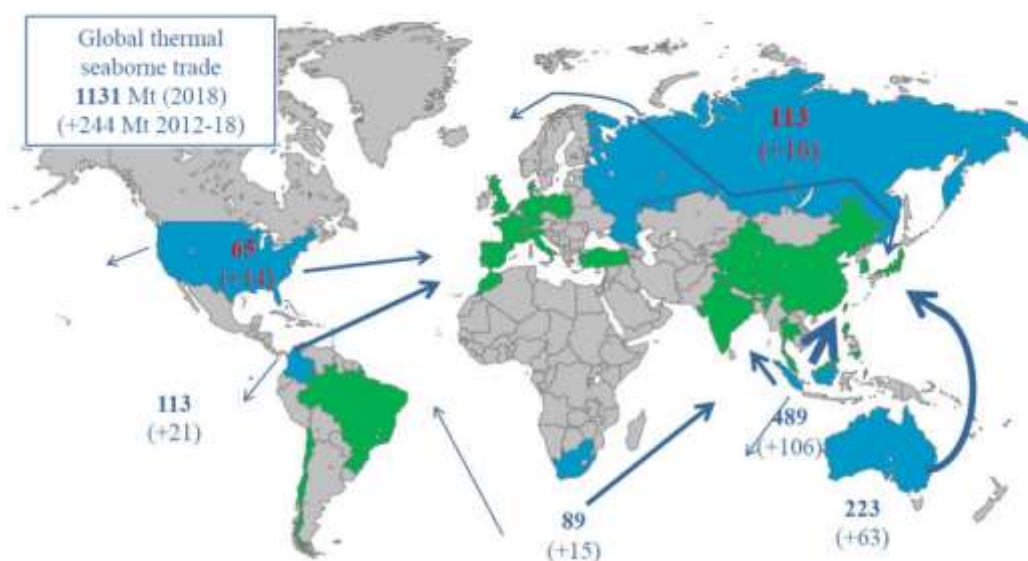


Figura 5. Proyección del mercado del carbón desde productores (azul) a consumidores (verde). Fuente: IEA Medium-Term Coal Market Report 2013

Para la economía de Colombia, el carbón al igual que el petróleo, ha jugado un papel relevante en el crecimiento económico de la última década atrayendo inversiones extranjeras del orden de 6000 millones de dólares que generan empleos y divisas suficientes para ser parte estratégica de la estrategia del gobierno actual para jalonar la transición del país a una economía

intermedia y firme candidato a pertenecer a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE).

Las reservas de carbón energético que se encuentran al norte de Colombia presentan unas condiciones químicas y geológicas especiales que le permiten tener un poder calorífico mayor con un costo menor de producción en comparación con otros países exportadores convirtiéndose en una ventaja competitiva fuerte para las ventas internacionales del país. La figura 6 muestra los costos internos promedio de explotación del carbón que presentan diferentes países y que muestran a Colombia en la franja con menores costos beneficiando las exportaciones del mineral ante los principales consumidores del mundo.

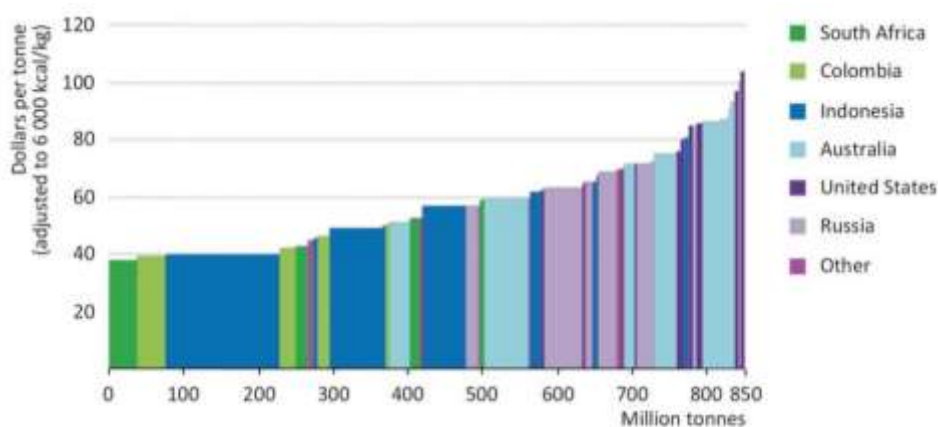


Figura 6. Costos de producción promedio por tonelada principales países exportadores año 2012. Fuente: IEA World Energy Outlook 2013

1.1.2.4 Crisis del precio del carbón

Colombia, a pesar de tener una ventaja comparativa con otros productores no ha sido inmune a la crisis de precios que se ha generado en el mercado y que ha sido la más larga que se ha presentado en los últimos quince años, como lo muestran las figuras 7 y 8

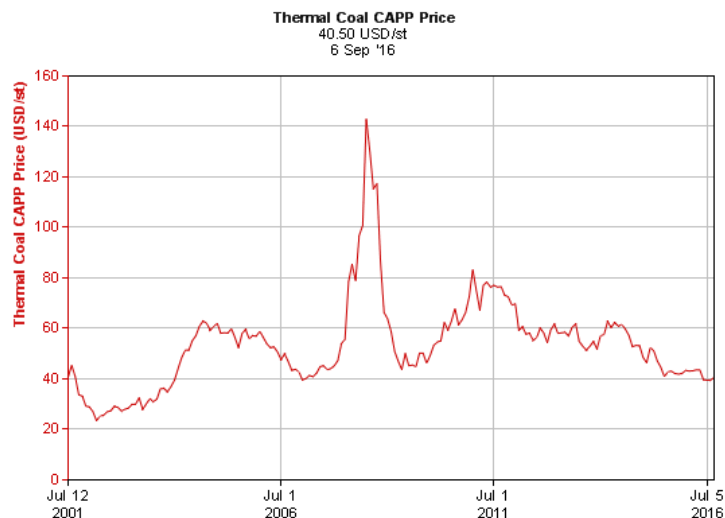


Figura 7. Precio del carbón en USD/MT en el período de 15 años. Fuente: Month Report, InfoMine



Figura 8. Precio del carbón en USD/MT en el período de 5 años. Fuente: Month Report, InfoMine

Dicha crisis se desencadenó por la configuración de diferentes particularidades:

- a) Aumento del uso de la técnica de fracturamiento hidráulico en la explotación del petróleo y gas, conocido como *shale gas* que causa una producción extraordinaria del combustible en un país como estados unidos que era considerado principalmente un importador y pasó a convertirse en productor aumentando la cantidad de petróleo en el mercado causando como efecto directo la caída de los precios internacionales

convirtiéndose en una alternativa barata de producción de energía que gana mercado al carbón y baja su demanda afectando el precio del mineral finalmente. Ver Figura 9.

- b) El exceso de oferta de carbón que existe a nivel mundial es mucho mayor a la demanda que se tiene y es causada por la avalancha de proyectos de inversión que se construyeron en diferentes regiones incentivadas por altos precios del mineral que se presentaron a mediados de la década pasada. Todo el carbón en exceso que se vierte en el mercado mundial tiene un efecto en la reducción del precio del carbón. Ver Figura 10.

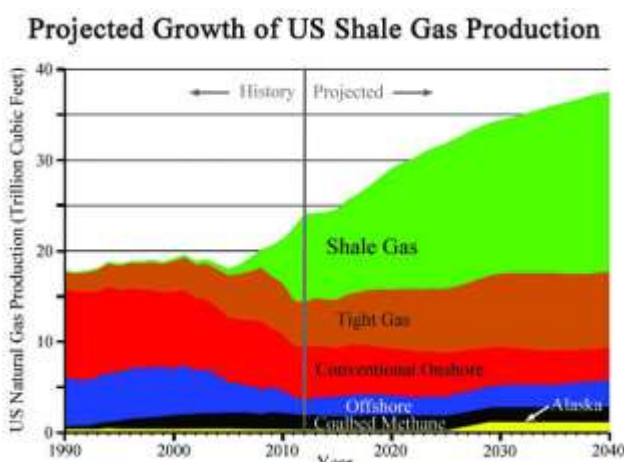


Figura 9. Crecimiento proyectado de producción de Shale Gas en estados unidos. Fuente: IEA US Energy Outlook 2014.

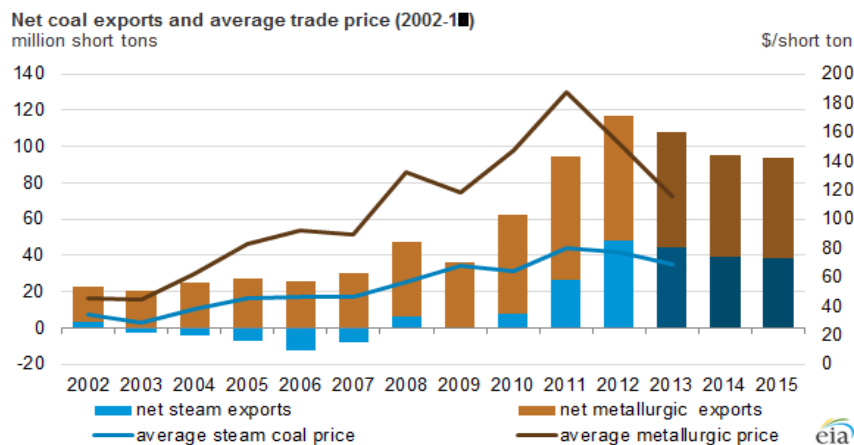


Figura 10. Crecimiento de la producción y exportación de carbón en el período 2012-2015. Fuente: World Energy Outlook 2016.

- c) China entró en un período de desaceleración económica, agravando la relación oferta y demanda. La desaceleración de China y la poca recuperación de las economías desarrolladas, principalmente la zona Euro, no empujan una mayor demanda de carbón. “La recuperación del consumo de los importadores de carbón ha sido bastante menor a lo esperado si se tiene en cuenta crisis de precios del pasado” aseguraba el FMI en un informe de perspectivas económicas emitido al final del 2015. Ver Figura 11.

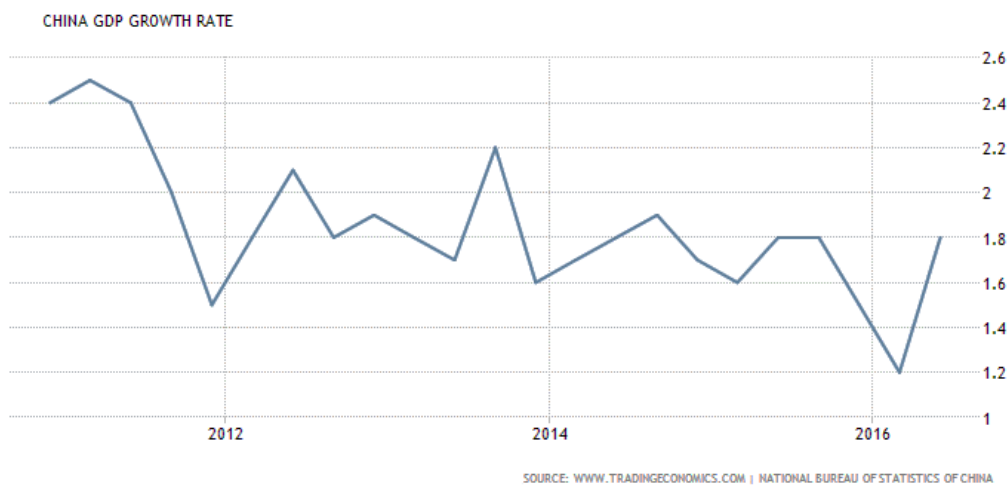


Figura 11. Porcentaje de crecimiento del PIB de China período 2010-2016 Fuente: www.tradingeconomics.com; National Bureau of statistics of China

- d) El aumento de la preocupación a nivel mundial por el impacto de los combustibles fósiles en el ambiente y el calentamiento global genera movimientos de desincentivo del uso del carbón energético para la producción de electricidad en los países desarrollados. Las bases científicas en que se apoya la decisión de menor consumo de carbón tienen fuerte respaldo en cifras como entregada por la Agencia Estadounidense Oceanográfica y Atmosférica NOAA (ver Figura 12) que muestra que el período 2010-2015 ha sido considerado año tras año como los más calientes de los que se tenga registro.

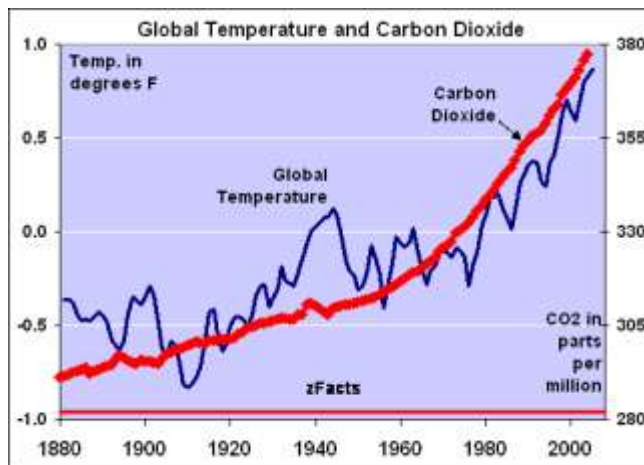


Figura 12. Relación temperatura global dióxido de carbono liberado a atmosfera. Enviroment Anual Report NOAA 2015.

Finalmente todos los anteriores 4 factores se conjugaron de manera que afectaron los precios del carbón manteniéndolos por debajo de 45USD/MT impactando todas las empresas a nivel mundial, incluyendo Carbones del Cerrejón. En el caso específico del área de Reconstrucción de componentes del Departamento de Mantenimiento de equipos mineros el reto se presentan con el requerimiento de demostrar y mantener un margen de competitividad favorable con los talleres externos que presentan una oferta similar de componentes a la que se produce dentro de las instalaciones de Carbones del Cerrejón. A partir del año 2015, los talleres externos han mantenido o disminuido los precios de sus componentes que han reducido el margen de ganancia a favor que tiene el área de Reconstrucción (Figura 1), lo que desemboca en cuestionamientos a la unidad de negocio.

1.1.2.5 Conclusión de antecedentes

El principal requerimiento de este proyecto es que la organización de Cerrejón, frente a la crisis de precios que enfrenta, mantenga su competitividad a través de cada una de sus unidades de negocio. En el caso específico de la Superintendencia de Reconstrucción existe la problemática de disminución de desempeño de sus productos en comparación con el que tienen los componentes reparados en talleres externos por lo que se requiere adelantar un ejercicio de comparación de procesos para determinar las brechas y las oportunidades de mejora en el área. Sin embargo el abanico de referencias de componentes reparados en la Superintendencia es

bastante amplio que requiere de un análisis previo que ayude a concentrar el esfuerzo en el o los componentes más relevantes.

En la superintendencia de Reconstrucción se reparan cerca de 300 referencias distintas para las flotas mineras. Se pueden clasificar los componentes según la flota a la que pertenecen, también según el taller que son reparados. En la tabla 1 a) y 1 b) a continuación se muestra la distribución de los 300 componentes que se reparan en la superintendencia:

Taller	Ref Componentes
Motores	30
Hidráulica	195
Eléctrica	15
Soldadura	63

Flotas	Ref Componentes
Acarreo Mecánico	25
Acarreo Electrico	18
Cargue	92
Equipo Auxiliar	168

Tabla 1 a) Referencias de componentes mayores reparados según el taller en Reconstrucción. Construcción propia

Tabla 1 b) Referencias de componentes mayores reparados según el tipo de equipo. Construcción propia

Aunque existe una variedad de componentes y la producción como se ve en la tabla 2, hay una pequeña cantidad de componentes que generan el mayor impacto en el gasto de la superintendencia y en los cuales hay un mayor enfoque por la diferencia que pueden generar en el desempeño del presupuesto del departamento de Mantenimiento.

Producción de componentes 2016		
Taller	Comp Mayores	Comp Menores
Motores	147	1,150
Hidráulica	1,541	1,300
Eléctrica	430	1,098
Soldadura	138	540
Total	2,256	4,088

Tabla 2. Producción de componentes reparados en el año 2016. Fuente: Construcción propia

Tal como se puede apreciar en la tabla 3, hay 5 componentes cuyos gastos de reconstrucción equivalen cerca al 40% del gasto total anual de la Superintendencia por lo que son de primera importancia a la hora de validar su rentabilidad frente a talleres externos. El motor 3516 para camiones CAT aparece de primero con un equivalente presupuestal del 17%, muy diciente al tener en cuenta que hay 300 tipos de componentes reparables en la Superintendencia.

Top 5 componentes por costo anual	
Motor 3516 para camiones CAT	17%
Motor 16VS4000 camiones EH5000	9%
Mando Final para camiones EH5000	8%
Motor QSK60 pala PC4000	3%
Mando Final para camiones CAT	2%
Total componentes Top 5	38%

Tabla 3. Top 5 de componentes con mayor impacto en costos en la Superintendencia de Reconstrucción. Fuente: Fuente: Construcción propia

Como se mencionó anteriormente, en un estudio anterior realizado a finales del año 2015 se pudo hacer una comparación entre la relación costo VME de los componentes mayores reparados en la Superintendencia de Reconstrucción y en talleres externos encontrándose que en la mayoría de los componentes había una reducción de la relación mencionada a favor de los reparadores externos lo que dio pie al análisis en busca de mejoramiento para reducir o eliminar la tendencia negativa. En la figura 13 se puede observar una gráfica que muestra el delta en los costos unitario

horario (CU/VME) para los componentes principales que fueron objeto de estudio y comparación con los resultados de los talleres externos.

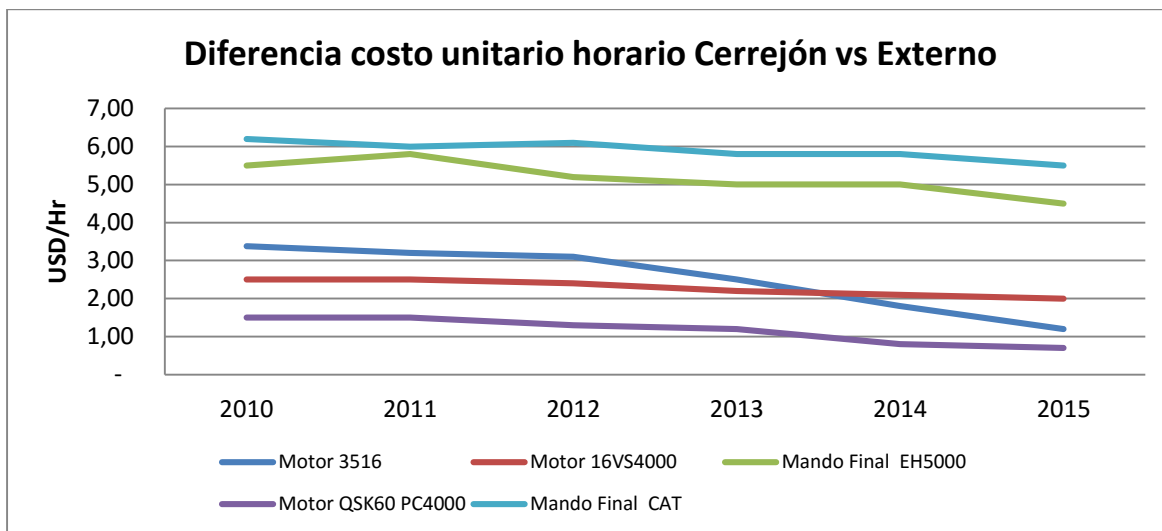


Figura 13. Diferencia en costo unitario horario de componentes reparados en Cerrejón vs Externo en el período 2010-2015. Fuente: Construcción propia.

El costo unitario horario resulta de la división entre el costo unitario de reconstrucción de un componente entre la VM de remoción que entregó cuando fue removido. En la figura 13 se aprecia que el componente que presenta una mayor variación es el motor 3516 con una variación absoluta de 2.18USD/HR en el período 2010-2015, lo que se traduce en un incremento del 64% en el presupuesto asignado a este componente que como ya vimos en párrafos anteriores corresponde al 17% del total del gasto presupuestal en la Superintendencia de Reconstrucción.

Al observar la posición que presentan los componentes en cuanto al impacto en el presupuesto anual de la Superintendencia y la pérdida de competitividad frente al desempeño de los talleres externos se concluye que el componente prioritario para plantear mejoras es el motor modelo 3516 usado en camiones CAT.

1.1.3 Justificación

El área de Reconstrucción de componentes se identifica como un área estratégica de la gerencia de mantenimiento de equipos mineros dado que a lo largo de su historia ha permitido generar ahorros y ventajas operativas que han beneficiado la organización. Ver Figura 2.

En este sentido y frente a la situación identificada de pérdida de margen de ganancia frente a los proveedores externos, es necesario que se realice un ejercicio de mejora basado en la identificación de oportunidades que permita maximizar los beneficios económicos que el área puede generar. El diferencial unitario de ahorro que se puede conseguir en el área de reconstrucción constituye una excelente oportunidad de ganancias por lo que se justifica la elaboración de una estrategia para la mejora de la competitividad de la reparación de los componentes mayores. La principal medida para la para dar inicio al plan de mejora es el uso de la metodología Benchmarking para conocer las brechas de oportunidad que hay frente a la competencia.

1.2. OBJETIVOS Y RESULTADOS ESPERADOS

1.2.1 Objetivo General

Diseñar un plan de mejoramiento del servicio de reparación de motores 3516 de la superintendencia de Reconstrucción basado en la metodología de Benchmarking, que permita disminuir el índice de costo unitario por hora.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Realizar un diagnóstico operativo en la superintendencia de Reconstrucción para identificar los factores críticos del proceso para priorizarlas de cara a la comparación con el socio del Benchmarking.
- b) Diseñar las herramientas para aplicar la metodología de Benchmarking e identificar las mejores prácticas que inciden en los procesos de reconstrucción.
- c) Identificar los indicadores que miden las actividades del plan de mejora del taller de reconstrucción de componentes para definir la superación del estado actual de la superintendencia frente al mercado.
- d) Diseñar el plan de actividades e indicadores resultante del análisis del Benchmarking

1.3. METODOLOGÍA

El trabajo se realizará de acuerdo con la siguiente metodología:

1.3.1 Etapa 1 Caracterización del proceso de Reconstrucción en Cerrejón

En esta etapa se desarrolla una caracterización detallada del proceso productivo de reconstrucción de componentes en la Superintendencia de Reconstrucción en Cerrejón. A partir de la información levantada y del análisis realizado se elaborará un diagrama de flujo y de información, así como se identificarán los factores críticos del proceso que servirán para hacer el diagnóstico operativo y posteriormente la comparación con el socio del Benchmarking.

1.3.2 Etapa 2: Diagnóstico operativo del área de Reconstrucción en Cerrejón

En la superintendencia de Reconstrucción se llevará a cabo un diagnóstico de las diferentes actividades y subprocesos identificando cuáles son sus principales métricas, sus ventajas y oportunidades de mejora. Para este trabajo se aplicarán herramientas para el levantamiento de la información como observaciones, entrevistas y cuestionarios.

1.3.3 Etapa 3: Elaboración de Benchmarking del servicio de reparación de motores 3516.

Mediante entrevistas, cuestionarios y visitas a las instalaciones del competidor seleccionado se busca recolectar información detallada de los procesos, sistemas, métodos y tiempos para generar un estándar para el servicio. El objetivo primordial del benchmarking es contar con toda la información posible para analizarla y encontrar las brechas que el estándar de servicio ofrece en el mercado y no son cumplidas por la superintendencia de Reconstrucción. Se definirá el alcance de las actividades a realizar.

1.3.4 Etapa 4: Establecimiento de actividades para el plan de mejora

Al definir los criterios de selección de las oportunidades de mejora que se identificaron en el diagnóstico interno y el ejercicio de Benchmarking se pasa a la elaboración del plan de actividades de mejora basado en los indicadores de comparación seleccionados.

1.3.5 Diagrama de la estructura de las etapas metodológicas



Figura 13. Diagrama de flujo de la estructura metodológica del proyecto. Fuente: Construcción propia.

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.4.1 Alcances

El presente estudio elaborará un plan de mejora para la superintendencia de reconstrucción en el proceso de reparación de motores modelo 3516 Caterpillar basado en la metodología de benchmarking que se realizará con la empresa Relianz ubicada en la ciudad de Barranquilla.

1.4.2. Limitaciones:

Las limitaciones presentadas en el proyecto son banco de datos incompletos y desactualizados de la superintendencia de reconstrucción.

CAPITULO 2: MARCO DE REFERENCIA

En este capítulo se presenta el marco de referencia estudiado que guía el desarrollo de este trabajo de grado. Se muestran los conceptos teóricos sobre benchmarking y desarrollo e implementación de planes de mejora. Finalmente hay un análisis del marco teórico y definición de referente para el desarrollo posterior del proyecto.

2.1 MARCO CONCEPTUAL

Glosario de términos y conceptos

-Benchmarking: Es el proceso de obtener información útil que ayude a una organización a mejorar sus procesos. Se encarga de identificar, analizar, comprender, comparar, adaptar y superar los procesos de trabajo, similares en organizaciones de alto rendimiento comprobado, para mejorar sistemáticamente y significativamente los indicadores de desempeño de la empresa. (Pérez Enrique, 2004)

-Benchmarking interno: Es el estudio de actividades similares pero en diferentes procesos dentro de una misma organización. (Sole & Bist, 1995)

-Benchmarking externo: Es realizado con otras empresas; este que va orientado a mejorar los procesos y la productividad teniendo como meta las empresas líderes en el mercado.

- Componentes mayores: Son los repuestos mayores que usan los equipos mineros como motores diesel, alternadores, cilindros, transmisiones, diferenciales, entre otros.

- CU: Costo unitario meta que tiene la reparación de un componentes ya sea un motor, cilindro, mando final, transmisión, etc.

- CH: Costo horario es la relación entre el CU y la VME

- CHE: Es el costo horario meta esperado para un componentes ya sea un motor, cilindro, mando final, transmisión, etc.

- Carbón energético: Es el tipo de carbón energético usado para la producción de energía en las terminales de producción eléctrica.

- Commodities: Son los materiales que se negocian en grandes cantidades en el mercado de valores y cuyo intervención en manufactura ha sido poca o nula por ejemplo se encuentran las semillas, el petróleo, los metales y diferentes minerales.

- Reman: Componente remanufacturado por el dueño de la marca o un tercero para ofrecer como opción a compra de nuevo o reparación en taller.
- Shale gas: Corresponde a un tipo de petróleo que se extrae de determinados yacimientos rocosos específicos.
- VM: Vida media alcanzada por un componente ya sea un motor, cilindro, mando final, transmisión, etc.
- VME: Vida media esperada que alcance un componentes ya sea un motor, cilindro, mando final, transmisión, etc.

2.2 MARCO TEÓRICO

La revisión bibliográfica aborda las temáticas principales para la realización del proyecto como son la metodología benchmarking y la teoría sobre desarrollo de planes de mejora e indicadores.

2.2.1 Benchmarking

El término inglés hace referencia a la práctica de tomar productos, servicios y procesos para compararlos con los mismos que existen en organizaciones que se han probado como las mejores en el mercado o que tienen las mejores prácticas en sus procesos. Según Casadesús (2005) “es una técnica para buscar las mejores prácticas que se puedan encontrar fuera o dentro de la empresa, en relación con los métodos, procesos de cualquier tipo, producto o servicios, siempre encaminada a la mejora continua y orientada fundamentalmente a los clientes.” El objetivo del *benchmarking* es entender como lo hace el mejor y aprender de ello para implementar en la organización a la que se pertenece adaptando dicho conocimiento o práctica de acuerdo con las propias políticas que es precisamente el punto más importante, la adaptación a las circunstancias del mercado y las características propias de la organización.

Según Michael J. Spendolini Benchmarking es un proceso sistemático y continuo para evaluar los productos, servicios, y procesos de trabajo de las organizaciones que son reconocidas como representantes de las mejores prácticas, con el propósito de realizar las mejoras organizacionales.

Benchmarking también se puede definir como una forma de descubrir cuál es el mejor desempeño que puede ser alcanzado, ya sea en una compañía en particular, por un competidor o por una industria completamente diferente. Esta información puede ser usada luego para identificar las desviaciones en los procesos de una organización para alcanzar la ventaja competitiva.

Benchmarking es usado para medir el desempeño de un indicador específico por ejemplo el costo por unidad, productividad por unidad, ciclo de tiempo, defectos por unidad, de modo tal que al finalizar pueda hacerse una comparación válida con el estándar o mejor desempeño de la industria.

Cómo herramienta el *Benchmarking* es un proceso para obtener una medida o comparador. Se puede decir que una palabra que los comparadores son los que y el benchmarking es el cómo, sin embargo hay que decir que esta no es una herramienta simple. Antes de implementar o sugerir la oportunidad de un *Benchmarking* como en este proyecto es importante hacer un análisis profundo de las políticas de la compañía, porque algunas empresas tienen unas políticas estrictas de que información puede ser compartida, comparada o manejada en general con fines comparativos. *Benchmarking* no es solo hacer consultas a otras compañías o documentar una a una las entidades del mercado. Cuando se realiza un buen benchmarking no debe limitarse al sector o la propia industria, ni tampoco debe hacerse una sola vez, si no, tratar de que este sea “vivo” a lo largo del tiempo.

2.2.2 Clasificación de los tipos de Benchmarking

Aunque hay muchas maneras de desarrollar un Benchmarking, estos pueden ser clasificados en 3 categorías principalmente: Internos, competitivos y estratégicos.

- Benchmarking Interno:

Este tipo de Benchmarking es usado cuando una compañía ya tiene establecido y probadas las mejores prácticas en sus procesos y organización y solamente necesitan compartirlas. (Sole & Bist, 1995). Otra vez, dependiendo del tamaño de la compañía, podría ser lo suficientemente grande para representar una gran variedad de rangos de desempeño. El benchmarking interno también es necesario si no es fácil conseguir industrias comparables.

-Benchmarking Externo:

Este tipo de benchmarking se realiza cuando se requiere mejorar un proceso dentro de la organización, enfocándose en el desempeño de las organizaciones líderes en cualquier sector empresarial. Hay que tener cuenta que la comparación se puede hacer en el ámbito local, regional, nacional e internacional. Lo principal de este tipo de benchmarking es establecer metas y objetivos claros para que sea provechoso el estudio y no quede como un gasto de tiempo y recursos.

- Benchmarking competitivo:

Este es usado cuando una compañía quiere evaluar su posición dentro de la industria, además cuando quiere identificar objetivos de desempeño de liderazgo. (Trejo Contreras, 1996)

- Benchmarking estratégico:

Este es usado para identificar y analizar desempeños de clase mundial. Este tipo de benchmarking es usado en su mayoría cuando una compañía necesita dar un crecimiento por fuera de su propia industria.

Otros tipos de Benchmarking pueden ser:

- Benchmarking de proceso:

La compañía que lo inicia se enfoca en la observación e investigación de los procesos del negocio con una meta en identificar y observar las mejores prácticas de uno o más firmas que ejecutan Benchmarking. Se requiere de un análisis de actividad para determinar cuál es el objetivo principal, si el costo o la eficiencia. (Trejo Contreras, 1996)

- Benchmarking financiero:

Se realiza un análisis financiero y se comparan los resultados en un esfuerzo por evaluar la competitividad y productividad en general. (Trejo Contreras, 1996)

- Benchmarking con perspectiva de inversión:

Extendiendo el universo del benchmarking para comparar compañías una a una y considerar oportunidades de inversión desde la perspectiva de un inversor.

- Benchmarking en el sector público: Funciona como una herramienta para la mejora e innovación en la administración pública donde organizaciones estatales invierten recursos y esfuerzos para alcanzar calidad, eficiencia y efectividad de los servicios que provee.

- Benchmarking energético: Es el proceso de recolección, análisis y relación de información de desempeño energético de información comparable con el propósito de evaluar y comparar el desempeño entre o dentro de diferentes entidades. Entidades pueden incluir procesos, edificios, compañías, etc. Este puede ser interno de una sola organización o externo con la información de diferentes organizaciones.

2.2.3 Autores y modelos de Benchmarking

Existen una variedad de modelos de benchmarking que tienen diferencias en cuanto al número de etapas y la manera en que se implementan. Igualmente comparten ciertas características que son imprescindibles como la planeación, definición de características a medir y definición del socio. Se muestran a continuación algunos modelos de realización de Benchmarking.

a. Modelo de Michael J. Spendolini:

Spendolini define el benchmarking como un proceso sistemático y continuo para evaluar los productos, servicios, y procesos de trabajo de las organizaciones que son reconocidas como representantes de las mejores prácticas, con el propósito de realizar las mejoras organizacionales. La metodología de este autor está compuesta por 5 pasos como se muestra a continuación:

Paso 1: Determinar a qué se le va a hacer benchmarking: La primera etapa del proceso es definir el objetivo del estudio. Definido esto, se procede a identificar y a asegurar los recursos necesarios para llevar a cabo la investigación.

Paso 2: Formar un equipo de benchmarking: Aunque el benchmarking puede ser realizado de manera personal, la mayor parte de las actividades de benchmarking se realizan en grupo. El proceso de escoger, orientar y dirigir un equipo, es la segunda etapa importante del proceso de benchmarking. Los papeles y las responsabilidades específicas que se le asignan a cada miembro del equipo.

Paso 3: Identificar al socio del benchmarking: Este será la organización de referencia para la realización del estudio; las cuales sean destacado por contar con las mejores prácticas industriales y organizacionales.

Paso 4: Recopilar y analizar la información de benchmarking: Durante esta etapa del proceso, se seleccionan los métodos de recopilación de la información. Se contactan los socios del benchmarking, y se recopila la información de acuerdo con el protocolo establecido, y luego se resume para hacer el análisis y se comunican las conclusiones y recomendaciones.

Paso 5: Actuar: Esta etapa del proceso está orientada a la ejecución de las actividades para la implementación real de los cambios, basados en la información recopilada durante la investigación de benchmarking.

b. Modelo de Ghobadian y Woo:

Consiste en 5 etapas claves: Planear, Identificar, Recolectar Datos, Analizar, e implementar programa de mejora. La etapa de planeación forma el núcleo del trabajo porque es esta la clave para tener un buen desarrollo del modelo.

Cada una de las etapas a su vez está dividida en pasos que se muestran a continuación:
Identificar

Paso 1. Entendimiento de las brechas de desempeños actuales en los procesos de la compañía: Esto ayudará a decidir que se necesita en el benchmarking.

Paso 2. Conseguir apoyo y aprobación de la alta dirección: Este apoyo y aprobación permitirá un desarrollo rápido y una asistencia para la eliminación de barreras y bloqueos propios de cualquier organización. Además de que permitirá que se provea de los recursos adecuados y de la rapidez del proceso de comparación Benchmarking.

Paso 3. Documentar los objetivos y alcances del Benchmarking: Esta es una necesidad imperativa de cualquier proyecto.

Paso 4. Documentar el proceso actual: Es importante conocer en detalle el proceso actual y cuáles son sus límites, fronteras y capacidades. Es válido este punto para no caer en:

- a. Tiempo y recursos malgastados en la recolección de información de documentación del proceso e información que ya existe.
- b. Falta de foco, propósito o profundidad
- c. Visitas de Benchmarking pudieran dar la impresión de un ejercicio desordenado y al azar.
- d. El equipo puede seleccionar una organización, área o sector para compararse que es peor que la organización es evaluada lo que al final no aportará a la mejora.
- e. La información recolectada dificultará hacer una comparación manzanas con manzanas en términos de requerimientos del proceso.

Paso 5. Acordar las métricas primarias: Las medidas del Benchmarking son usadas como la base de muchas comparaciones:

- a. Para determinar la brecha que hay entre el desempeño actual y el de otras organizaciones del sector.
- b. Para rastrear y proyectar progresos desde el presente al futuro.
- c. Para rastrear y determinar el progreso de los competidores hacía sus metas
- d. Para conocer desempeños superiores con la mejora continua en los procesos de la organización
- e. Para usar sistemas de análisis de métricas
- i. Estas comparaciones serán válidas si a cada participante en el estudio de desempeño se le hace una medición en la misma manera y en los mismos tiempos.

ii. Es importante asegurar que las métricas tomadas en el estudio están siendo determinadas de tal forma que los competidores que participan del ejercicio probablemente puedan hacer seguimiento o derivarlo de sus mediciones actuales.

Planear

Paso 6. Las métricas tomadas deben ser registradas: En particular las siguientes:

- a. Que va a ser medido
- b. Cómo serán clasificadas las unidades de medida.
- c. Que debería ser incluido en la medición
- d. Que no debería ser incluido
- e. Como hacer los cálculos
- f. Ejemplos de mediciones típicas

Paso 7. Acordar que será lo que será comparado en el Benchmarking: Todos los participantes del proceso de Benchmarking deben estar de acuerdo en los que se comparará antes de que la iniciativa sea llevada a cabo:

- a. Entender cuáles son las brechas de cada uno de los comparados.
- b. Entender cuál es el impacto a los clientes, socios y otros interesados.
- c. Priorizar y seleccionar una de las tres métricas del benchmarking

Recolectar Datos

Paso 8. Desarrollar un plan de recolección de información.

Paso 9. Identificar fuentes de investigación en iniciar el proceso de comparación

Paso 10. Diseñar una encuesta de revisión rápida para ayudar a los participantes del ejercicio en la selección de los otros competidores.

Las características de cualquier encuesta deben ser:

- a. Mantener el foco en los indicadores de excelencia
- b. Dos páginas como máximo
- c. Treinta minutos máximo para completarse
- d. Objetiva, con preguntas de múltiple escogencia
- e. Comunicativa de los planes, objetivos y requerimientos de recursos para el estudio.
- f. Que refleje las áreas foco para cuestionarios más profundos subsecuentes.

Paso 11. Determinar cómo contactar a las empresas que serán analizadas.

Paso 12. Diseñar una encuesta detallada para la consecución de información para comparación.

Paso 13. Analizar y definir si la información recolectada para comparación cumple con los objetivos generales establecidos con anterioridad.

Paso 14. Llevar a cabo visitas a los lugares de las organizaciones del Benchmarking.

Analizar

Paso 15. Aplicar el conocimiento para la reducción de las brechas en el desempeño.

Paso 16. Comunicar a la alta dirección para asegurar y mantener el apoyo y los recursos necesarios.

Implementar programa de mejora

Paso 17. Desarrollar un plan de implementación recomendado con un responsable por cada proceso.

Paso 18. Actualizar y recalibrar de acuerdo con la necesidad.

c. Modelo de Kaiser Associates:

No existe una sola forma de llevar a cabo un Benchmarking que sea universalmente aceptado. A medida que se ha extendido el uso de esta herramienta han aparecido diferentes metodologías que intentan adaptarse a la industria y al sector económico correspondiente. Existe una metodología un poco más simple que la anteriormente expuesta que cuenta con 12 pasos y que se encuentra establecida en el libro *Benchmarking for Competitive Advantage* (1994), que podría considerarse como el primer libro en Benchmarking que fue escrito y publicado por Kaiser Associates:

La metodología de las 12 etapas consiste en:

1. Seleccionar el objeto del Benchmarking
2. Definir el proceso
3. Identificar los potenciales compañeros del ejercicio
4. Identificar la fuente de la información
5. Recolectar y seleccionar los compañeros del ejercicio
6. Determinar la brecha entre la organización y el mejor indicador
7. Establecer diferencias en el proceso
8. Definir una meta de desempeño en el futuro
9. Comunicar e informar
10. Ajustar la meta

11. Implementar

12. Revisión y calibración

d. Modelo de Andersen y Moen:

Este modelo es basado en desarrollo académico y consta de los siguientes pasos:

- Identificar las áreas con problema: Debido a que el benchmarking puede ser aplicado a cualquier negocio, proceso o función, puede que se necesite de un rango de técnicas de investigación diversas. Esas incluyen conversaciones informales con clientes, empleados o proveedores, técnicas de investigación exploratorias como grupos focales, o más profundos como investigaciones de mercados, investigaciones cuantitativas, encuestas, cuestionarios, análisis de reingeniería, mapeo de procesos, reportes de varianza de control de calidad, análisis de ratio financiero, o simplemente la revisión de los tiempos de ciclo de otros indicadores de desempeño. Antes de embarcarse en una comparación con otra organización es esencial saber las funciones y procesos de la organización de la iniciativa para indicar la base sobre la cual se compararán nuestro desempeño los otros involucrados en el ejercicio de Benchmarking.
- Identificar otras industrias que tienen procesos similares: Por ejemplo, si la compañía está interesada en determinado proceso automatizado es posible identificar en otra industria un ejemplo exitoso de automatización que pudiera replicarse en la organización.
- Identificar organizaciones que son líderes en el área de selección de mejora: Buscar por la mejor organización o industria en una región o país a través de consulta con clientes, proveedores, análisis financiero, asociaciones mercantiles, y la media en general para determinar que organización vale la pena estudiar.
- Entrevista a compañías para conocer sobre indicadores y prácticas: Identificar las compañías con procesos de negocio específicos similares al de la organización con el uso de encuestas detalladas que permitan conocer información de alternativas de desarrollo de proceso de las empresas líderes. Sin embargo estas encuestas tienen un pequeño velo de desinformación, toda vez que las compañías tradicionalmente protegen la información confidencial y esta es conocida solo por consultores o especialistas asociados.
- Visitar las compañías con mejoras prácticas para identificar las prácticas de liderazgo que se llevan a cabo allí. Este tipo de visitas generalmente son acordados entre los

compañeros del ejercicio de Benchmarking y son muy útiles dado los beneficios que obtienen todos los involucrados. Adicionalmente hay la posibilidad de que la información que obtiene cada uno de los participantes se pueda compartir y nutrir con la información de los otros generando un conocimiento común.

- Implementar nuevas y mejores prácticas del negocio: Tomar las prácticas de liderazgo en otras organizaciones y desarrollar planes de implementación y desarrollo dentro de la organización que incluyan y detallen oportunidades específicas de identificación, creando el proyecto y vendiendo la idea a la organización que el propósito fundamental de dicho proceso es aumentar la ganancia y valor de la organización.

e. Modelo de Robert C. Camp: El modelo de benchmarking implementado por Robert Camp en Xerox consta de cinco fases. El proceso se inicia con la fase de planeación y continúa con la fase de análisis, integración, acción y por último la madurez.

Fase de planeación: El objetivo de esta fase es planear el estudio de benchmarking. Establecer el qué, quién y cómo del estudio.

- Identificar los parámetros del benchmarking: La clave en un estudio de benchmarking exitoso es identificar y definir cuáles son los parámetros del estudio.

-Identificar compañías comparables: Este paso es de vital importación para el estudio porque debemos determinar qué tipo de benchmarking se quiere aplicar, dado que de esto depende la o las organizaciones con las que queremos realizar el estudio, es importante que sin importar el tipo de benchmarking elegido lo importante es realizar el estudio con las empresas que posean las mejores práctica.

- Determinar el método para la recopilación de datos: Este paso es de suma importación porque la base del estudio de benchmarking es la información recolectada. La información puede ser obtenida de varias maneras como:

- Información interna: Procesos, procedimientos y resultados de la compañía, información obtenida en estudios internos anteriores, entre otras.
- Información externa: Investigación en bibliotecas, de consultores o de expertos, estudios externos, entre otros.
- Búsqueda e investigación: Información obtenida por medio de encuestas, cuestionarios, entre otros.

- Visitas a las empresas con las que se realiza el estudio.

Fase de análisis: Después de determinar la fase de planeación se debe realizar el análisis de los datos.

-Determinar las diferencias en el desempeño entre la empresa objeto del estudio y el socio del benchmarking. Estas diferencias pueden ser:

- Negativa: Cuando desempeño de los de los procesos y/o procedimientos del socio del benchmarking son mejores con relación a la empresa que realiza el estudio.
- Paridad: Cuando no hay diferencias importantes en los procesos y/o procedimientos de ambas empresas.
- Positiva: Cuando desempeño de los de los procesos y/o procedimientos del socio del benchmarking es inferior al de la empresa que realiza el estudio.

- Proyectar los niveles de desempeño futuros: Una vez estén definidas las diferencias en el desempeño de las empresas, es necesario realizar una proyección de los niveles del desempeño futuro, el cual debe representarse como la diferencia entre el desempeño futuro esperado y lo mejor en la industria.

Fase de Integración: En esta fase se utilizan los hallazgos del benchmarking para fijar objetivos operacionales del cambio a realizar en los procesos y procedimientos.

- Comunicar los resultados del benchmarking: Cuando se tengan los resultados del estudio de benchmarking estos deben ser comunicados a todos los niveles de la organización para obtener respaldo y compromiso.

- Establecer metas funcionales: Estas son creadas en relación a los hallazgos de benchmarking, y deben estar enfocadas en cambiar los métodos y las prácticas de manera que se cierren las diferencias entre los niveles de desempeño actual y el desempeño futuro al que aspira la empresa.

Fase de acción: Es necesario implementar y llevar a la práctica los planes de acción que resulten de los hallazgos del benchmarking.

- Desarrollar los planes de acción: Para poder comenzar la ejecución de los planes de acción se deben tener en cuenta dos consideraciones:

- La planeación de las acciones para la ejecución del plan.
- El comportamiento de las personas al implantar un cambio.

- Implementar acciones específicas y supervisar el progreso: se puede dar mediante la conformación de equipos de trabajo integrados por personas cercanas al proceso o mediante la

asignación de un responsable de la implementación de los planes de acción. De igual manera la supervisión el proceso es importante para aumentar el éxito del benchmarking.

- Actualización de los estudios de Benchmarking: Es importante está actualizando los estudios de benchmarking debido a las condiciones cambiantes de los mercados de tal manera que se asegure siempre un mejor desempeño.

Fase de Madurez: Será alcanzada cuando se incorporen las mejores prácticas de la industria a todos los procesos de la empresa, asegurando así la superioridad.

2.2.4 Planes de Mejoramiento

La bibliografía sobre planes de mejoramiento es extensa pero propone pasos similares sobre cómo elaborar un plan de mejoramiento. A continuación se muestran los estudios y propuestas de dos entes: la española Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA) y la Agencia para la Calidad del Sistema Universitario de Cataluña (AQU).

2.2.4.1 Modelo ANECA (Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación):

La excelencia de una organización viene marcada por su capacidad de crecer en la mejora continua de todos y cada uno de los procesos que rigen su actividad diaria. La mejora se produce cuando dicha organización aprende de sí misma, y de otras, es decir, cuando planifica su futuro teniendo en cuenta el entorno cambiante que la envuelve y el conjunto de fortalezas y debilidades que la determinan. La planificación de su estrategia es el principal modo de conseguir un salto cualitativo en el servicio que presta a la sociedad. Para ello es necesario realizar un diagnóstico de la situación en la que se encuentra. Una vez realizado es relativamente sencillo determinar la estrategia que debe seguirse para que el destinatario de los servicios perciba, de forma significativa, la mejora implantada. Apoyarse en las fortalezas para superar las debilidades es, sin duda la mejor opción de cambio. El plan de mejoras se constituye en un objetivo del proceso de mejora continua, y por tanto, en una de las principales fases a desarrollar dentro del mismo. La elaboración de dicho plan requiere el respaldo y la implicación de todos los responsables del área que, de una u otra forma, tengan relación con el departamento.

El plan de mejoras integra la decisión estratégica sobre cuáles son los cambios que deben incorporarse a los diferentes procesos de la organización, para que sean traducidos en un mejor

servicio percibido. Dicho plan, además de servir de base para la detección de mejoras, debe permitir el control y seguimiento de las diferentes acciones a desarrollar, así como la incorporación de acciones correctoras ante posibles contingencias no previstas.

Para su elaboración será necesario establecer los objetivos que se proponen alcanzar y diseñar la planificación de las tareas para conseguirlos.

El plan de mejoras permite:

- Identificar las causas que provocan las debilidades detectadas.
- Identificar las acciones de mejora a aplicar.
- Analizar su viabilidad.
- Establecer prioridades en las líneas de actuación.
- Disponer de un plan de las acciones a desarrollar en un futuro y de un sistema de seguimiento y control de las mismas.
- Negociar la estrategia a seguir.
- Incrementar la eficacia y eficiencia de la gestión.
- Motivar a la comunidad del área o departamento a mejorar el nivel de calidad.

- Pasos a seguir para elaborar el plan de mejoras.

A continuación se describen los principales pasos a seguir para la elaboración del plan de mejoras según La Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA)

1. Identificar el área de mejora.
2. Detectar las principales causas del problema
3. Formular el objetivo
4. Seleccionar las acciones de mejoras
5. Realizar una planificación
6. Llevar a cabo un seguimiento

1. Identificar el área de mejora

Una vez realizado el diagnóstico, el área evaluada conoce las principales fortalezas y debilidades en relación al entorno que la envuelve. La clave reside en la identificación de las áreas de mejora teniendo en cuenta que, para ello se deben superar las debilidades apoyándose en las principales fortalezas.

2. Detectar las principales causas del problema.

La solución de un problema, y por lo tanto la superación de un área de mejora, comienza cuando se conoce la causa que lo originó. Existen múltiples herramientas metodológicas para su identificación. Entre otras cabe destacar:

- ✓ el diagrama de espina (causa-efecto),
- ✓ diagrama de Pareto,
- ✓ casa de la calidad,
- ✓ tormenta de ideas.

La utilización de alguna de las anteriores o de otras similares ayudará a analizar en mayor profundidad el problema y preparar el camino a la hora de definir las acciones de mejora.

3. Formular el objetivo

Una vez se han identificado las principales áreas de mejora y se conocen las causas del problema, se han de formular los objetivos y fijar el período de tiempo para su consecución.

Por lo tanto, al redactarlos se debe tener en cuenta que han de:

- ✓ Expresar de manera inequívoca el resultado que se pretende lograr,
- ✓ ser concretos.
- ✓ y estar redactados con claridad.

Así mismo deben cumplir las siguientes características:

- ser realistas: posibilidad de cumplimiento,
- acotados: en tiempo y grado de cumplimiento,
- flexibles: susceptibles de modificación ante contingencias no previstas sin apartarse del enfoque inicial,
- comprensibles: cualquier agente implicado debe poder entender qué es lo que se pretende conseguir,
- obligatorios: existir voluntad de alcanzarlos, haciendo lo necesario para su consecución.

4. Seleccionar las acciones de mejoras

El paso siguiente será seleccionar las posibles alternativas de mejora para, posteriormente, priorizar las más adecuadas. Se propone la utilización de una serie de técnicas (tormenta de ideas, técnica del grupo nominal, etcétera) que facilitarán la determinación de las acciones de mejora a llevar a cabo para superar las debilidades. Se trata de disponer de un listado de las principales actuaciones que deberán realizarse para cumplir los objetivos prefijados.

5. Realizar una planificación

El listado obtenido es el resultado del ejercicio realizado, sin haber aplicado ningún orden de prioridad. Sin embargo, algunas restricciones inherentes a las acciones elegidas pueden condicionar su puesta en marcha, o aconsejar postergación o exclusión del plan de mejoras. Es, por lo tanto, imprescindible conocer el conjunto de restricciones que condicionan su viabilidad. Establecer el mejor orden de prioridad no es tan sencillo como proponer, en primer lugar, la realización de aquellas acciones asociadas a los factores más urgentes, sino que se deben tener en cuenta otros criterios en la decisión. Entre los principales podemos encontrar:

Dificultad de la implantación: La dificultad en la implantación de una acción de mejora puede ser un factor clave a tener en cuenta, puesto que puede llegar a determinar la consecución, o no, del mismo. Se procederá a priorizarlas de menor a mayor grado de dificultad.

Plazo de implantación: Es importante tener en cuenta que hay acciones de mejora, cuyo alcance está totalmente definido y no suponen un esfuerzo excesivo, con lo que pueden realizarse de forma inmediata o a corto plazo. Por otro lado, existirán acciones que necesiten la realización de trabajos previos o de un mayor tiempo de implantación

Impacto en la organización: Se define como impacto, el resultado de la actuación a implantar, medido a través del grado de mejora conseguido (un cambio radical tiene un impacto mucho mayor que pequeños cambios continuos). Es importante también tener en cuenta el grado de despliegue al que afecta la medida. Si ésta afecta a varias titulaciones su impacto será mayor y la prioridad también deberá serlo.

6. Seguimiento al plan de mejoras

El siguiente paso es la elaboración de un cronograma para el seguimiento e implantación de las acciones de mejora. En el mismo, se dispondrán de manera ordenada las prioridades con los plazos establecidos para el desarrollo de las mismas.

2.2.4.2 Modelo AQU (Agencia para la calidad del sistema universitario de Catalunya)

Un plan de mejora es la propuesta de actuaciones, resultante de un proceso previo de diagnóstico de una unidad, que recoge y formaliza los objetivos de mejora y las correspondientes actuaciones dirigidas a fortalecer los puntos fuertes y resolver los débiles, de manera priorizada y temporalizada.

¿Cómo deben ser los planes de mejora?

Deben converger con los planes generales de la organización.

- Tienen que contar con la implicación de todos los agentes involucrados.
- Deben ser una herramienta enfocada hacia la acción y hay que evitar que se conviertan en un gran documento formalista o, simplemente, en una serie de buenas voluntades, deseos y aspiraciones.
- Tienen que ser concretos, realistas, con una clara asignación de responsabilidades y con unos precisos mecanismos de ejecución y seguimiento.
- Necesitan unas condiciones de actuación y un seguimiento periódico que permita realizar las reasignaciones de recursos y responsabilidades.
- Deben estar enmarcados en una adecuada política de comunicación interna, que informe de la finalidad del proceso, de su progresivo desarrollo y de los resultados alcanzados.

El establecimiento de un plan de mejora debe permitirnos:

- Adaptarnos a los cambios del entorno y de las circunstancias.
- Pensar, abordar y analizar los problemas de una forma global y con una cierta perspectiva temporal.
- Definir los objetivos que quieren alcanzarse a corto y medio plazo y las acciones específicas que tienen que desarrollarse para lograrlos.
- Ayudar a ordenar y priorizar las decisiones y facilitar la óptima asignación de recursos.
- Implicar a los agentes de las diversas unidades en la mejora de la institución.
- Introducir cambios en la cultura organizativa universitaria basados en la dirección por objetivos.

Riesgos y beneficios de los planes de mejora

Riesgos:

- Dar más peso al proceso que a los resultados.
- Considerarlos como un fin y no como un medio para mejorar el funcionamiento de la unidad.

Beneficios:

- Flexibilidad: no es un método cerrado, facilita variaciones y adaptaciones.
- Utilidad: para el logro de los objetivos fijados y para mantener la razón de ser de la organización.

La necesidad de una mejora viene determinada cuando el actual estado de la unidad evaluada no es el deseado. Para establecer ese estado actual es preciso, obviamente, hacer el diagnóstico. En efecto, buena parte del éxito de un plan de mejora de una unidad reside en el hecho de estar basado en un esmerado y objetivo diagnóstico de la realidad que queremos mejorar. Podemos realizar un plan de mejora formalmente correcto pero sustentado en un mal diagnóstico, con lo cual nos encontraremos al cabo de un tiempo con mejoras inconsistentes y de poca eficacia. Por lo tanto, un buen diagnóstico se considera indispensable y requisito mínimo necesario para que un plan tenga éxito. Diagnóstico y plan de mejora tienen que ir muy ligados, pero deben quedar claros los límites de uno y otro. Tienen que ser secuenciales en el tiempo para evitar uno de los errores comunes que comporta el fracaso de muchos planes: saltar directamente del problema a la solución sin pasar por la causa. El diagnóstico es el que nos informa de cuál es el punto de partida de la realidad que queremos modificar, por la vía del análisis de la situación actual. En cambio, el plan de mejora establece cómo podemos mejorar esa realidad. Así, pues, antes de iniciar la fase del plan de mejora, debemos completar la fase del diagnóstico y garantizar su calidad.

Características de un buen diagnóstico

Un diagnóstico, para ser considerado un buen fundamento del plan de mejora, tiene que cumplir, entre otros, los siguientes requisitos:

- Completo y riguroso, porque analiza y valora los elementos considerados clave para la realidad que se quiere evaluar y mejorar, y así será juzgado pertinente por los agentes implicados y favorecerá su implantación, además de garantizar que las acciones de mejora serán más eficaces. Si no se da esta característica en el diagnóstico, la mejora derivada se considerará secundaria y el plan de mejora tendrá poca fuerza.

- Sistemático y detallado en cuanto al análisis de las causas, porque garantiza que se analiza todo lo previsto y lo necesario para afrontar las mejoras. Un diagnóstico poco sistemático será más cuestionado y, por lo tanto, será más difícil impulsar el plan de mejora.
- Equilibrado y objetivo: equilibrado en términos de descripción de la realidad pero también de valoración; ecuánime y objetivo tanto en aspectos positivos como en aspectos a mejorar.
- Oportuno en el tiempo, ya que los agentes lo considerarán pertinente y además se dará un contexto más viable para las mejoras; de lo contrario, será poco eficaz para la mejora.
- Compartido por los agentes o por las comunidades afectadas, porque así será más fácil lograr la implantación del plan de mejora.
- Basado en evidencias, puesto que es más sólido, más objetivo, más argumentado y menos discutible. Facilita llegar a un consenso más amplio. n Integrado en el contexto externo, puesto que conocer el contexto externo y su evolución es imprescindible para efectuar un buen diagnóstico y para planificar la puesta en marcha del plan de mejora, el cual, inevitablemente, se verá afectado por la evolución de ese contexto externo, que puede apoyar al plan de mejora o hacerlo fracasar.

2.2.4.2.1 La elaboración y el establecimiento de los planes de mejora

Con el plan de mejora los responsables de las unidades asumen, a corto o medio plazo, los objetivos y actuaciones que habrá que desarrollar para alcanzarlo. Por otra parte, como un elemento más de la planificación de la empresa, es necesario que el plan también sea asumido por la gerencia de la organización, con el compromiso de apoyar su desarrollo y de aportar, si es necesario, los recursos para financiar las acciones de mejora.

2.2.4.2.2 Responsables del establecimiento de los planes de mejora

Los planes de mejora tienen que ser elaborados por los responsables de la unidad, sin que ello prive de que incluyan aquellos aspectos que la organización considere estratégicos en el correspondiente ámbito.

2.2.4.2.3 Estructura y contenido de los planes de mejora

Un plan de mejora debe incluir:

- a) Los puntos fuertes y débiles detectados El plan de mejora probablemente sólo abarcará algunos de los objetivos propuestos, aquellos que se consideren prioritarios en el marco de la planificación global de la organización y en el contexto en el que se desarrolla la actividad a la que hace referencia. Hay que tener presente que los objetivos de mejora elegidos, si bien incidirán directamente en la superación de determinados puntos débiles, también pueden encaminarse a la consolidación de los puntos fuertes detectados.
- b) Los objetivos de mejora Dichos objetivos de mejora señalan las metas que la unidad se marca a corto y medio plazo y que contribuirán a aumentar la calidad de las distintas actividades que desarrolla.
- c) Las acciones de mejora vinculadas a cada objetivo Constituyen la concreción de cómo hay que actuar para alcanzar el objetivo de mejora. Debe tenerse en cuenta que hay acciones que pueden abarcar más de un objetivo y que, en otros casos, para alcanzar un objetivo hay que llevar a cabo distintas acciones.
- d) El calendario y los plazos de cada acción Una acción puede ser repetitiva en el transcurso del tiempo o bien esporádica, y las diferentes acciones pueden iniciarse en momentos del tiempo también distintos. En el plan de mejora habrá que especificar el inicio y duración de cada acción.
- e) Los responsables de cada acción Fijar un responsable del desarrollo de una acción contribuye a garantizar su realización y a identificar quién debe informar del resultado de la acción en el momento del seguimiento del plan. Que una persona se responsabilice de una acción puede significar que es el ejecutor de la misma, pero también que sólo coordina las actuaciones de otras personas.
- f) Los recursos asignados a cada acción El consumo de recursos que comporta el desarrollo de las distintas acciones de mejora puede ser muy diverso.
- g) Los indicadores de seguimiento La necesidad de realizar un seguimiento anual de la ejecución de los planes de mejora obliga a fijar unos indicadores que permitan evaluar su grado de cumplimiento. Estos indicadores pueden ser de carácter cuantitativo o cualitativo y tienen que cumplir las características de todo indicador: medir los objetivos y reflejar el producto final de las acciones puestas en marcha, incluir variables que estén bajo el control de la unidad y ser de fácil obtención. En cuanto a los indicadores cuantitativos, será necesario fijar su valor en el

momento del establecimiento del plan para poder hacer el posterior seguimiento y valorar el grado de cumplimiento. Con el fin de poder llevar a cabo una valoración global del plan, habrá que establecer un sistema de ponderaciones de los indicadores, dado que el peso y el grado de cumplimiento de cada indicador en el conjunto del plan de mejora pueden ser distintos.

h) Las condiciones de seguimiento del plan Dichas condiciones de seguimiento abarcan dos aspectos: el procedimiento de seguimiento y los criterios de concesión de los recursos asignados. El procedimiento de seguimiento concretará la periodicidad, los responsables, la documentación e información que hay que aportar y la metodología para valorar el grado de cumplimiento de los objetivos del plan. Además de los recursos necesarios para desarrollar las acciones, a los planes de mejora pueden estar vinculados otros recursos adicionales que se otorgarán a la unidad en función del cumplimiento de los objetivos, en forma de incentivos. En las condiciones de seguimiento deberán especificarse estos recursos, su distribución temporal y su grado de dependencia del resultado del seguimiento del plan de mejora.

2.2.4.2.4 El seguimiento y la revisión de los planes de mejora

El seguimiento y la revisión periódica son procesos bien diferenciados pero coordinados. El seguimiento permite obtener información, a través de indicadores, sobre el grado de logro de los objetivos del plan, los recursos utilizados para ejecutar las acciones, así como las incidencias detectadas a lo largo del proceso de implantación del plan. Por su parte, la revisión periódica del plan de mejora tiene como objetivo adaptarlo a los cambios y necesidades de la unidad y de la institución durante su periodo de vigencia. Los objetivos del seguimiento son:

- Rendir cuentas del estado de ejecución del plan de mejora a todas las partes comprometidas.
- Proporcionar información para la revisión periódica del plan de mejora.
- Hacer una reflexión en el seno de la unidad, al equipo de gobierno y otras estructuras implicadas, que permita seguir adelante con el proceso de mejora. Además, el seguimiento permite consolidar la cultura de la calidad, conocer la satisfacción de los destinatarios y ejecutores de las mejoras y asegurar la continuidad de la evaluación y la mejora.

En determinados casos, el seguimiento puede tener también consecuencias económicas para la unidad, especialmente cuando los planes de mejora se incorporan a contratos programa, puesto

que puede existir una asignación de recursos por cumplimiento de objetivos, además de los recursos estrictamente destinados a cubrir los costes de la implantación de las acciones. Si es así, es necesario que las condiciones de la asignación y la metodología para medir el grado de logro sean conocidas y aceptadas por los implicados en el momento de aprobar el plan de mejora. El seguimiento interno es imprescindible y debe efectuarse siempre, independientemente de que la organización haga o no un seguimiento externo del plan de mejora. Por último, hay que poner de manifiesto que, si no se lleva a cabo el seguimiento, con independencia del grado de formalización que se le dé, el plan de mejora pierde validez y se pone en peligro su correcto desarrollo

2.2.5 Diagnóstico Operativo

Un diagnóstico operativo tiene como misión detectar aquellos factores críticos, que generan situaciones no deseables y que repercuten de forma directa en los costos de la empresa y por ende en el margen bruto de la compañía.

2.2.5.1 Etapas de un diagnóstico operativo

En la figura 14 se puede observar un resumen de las actividades que se realizan durante un diagnóstico operativo.

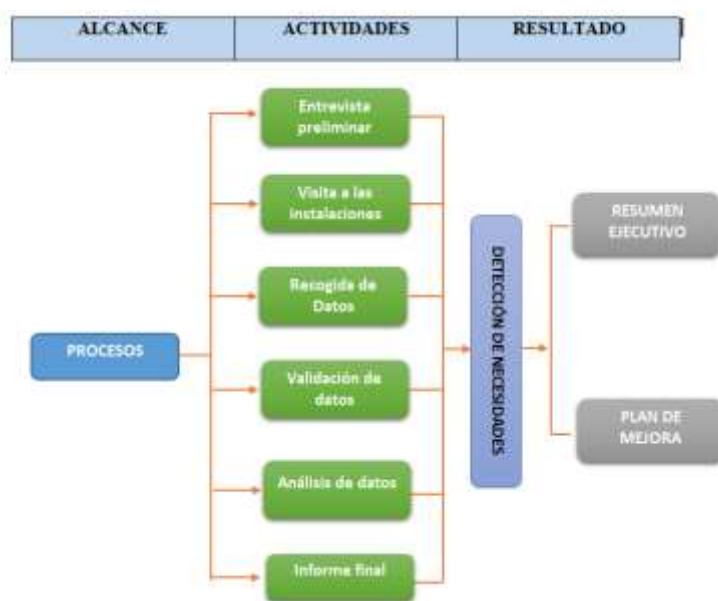


Figura 14. Etapas en la elaboración de un diagnóstico operativo. Fuente: Construcción propia, A partir del modelo diagnóstico operacional de instalaciones en seguridad s.c. <http://www.inspro.com.mx>

Las etapas para realizar un diagnóstico operativo son las siguientes:

- ✓ **Entrevista preliminar:** En esta etapa se fijan los objetivos del estudio directamente con los responsables del área a estudiar, se debe contar con un cronograma de trabajo o de acción.
- ✓ **Visitas a las instalaciones:** Es necesario conocer los procesos y así poder entender su funcionamiento, los recursos disponibles, el sistema de trabajo, el volumen de trabajo, etc. Cuando se realice este primer acercamiento, se contará con una visión global que permitirá la preparación de los cuestionarios para la toma detallada de información y/o datos.
- ✓ **Recogida de datos:** Una vez se definen los objetivos del diagnóstico, se visita las instalaciones conociendo a fondo el proceso y su sistema se estructuran los cuestionarios, para la toma de datos.
- ✓ **Validación de datos:** En esta etapa se realiza un resumen de los datos obtenidos, con objeto de comprobar la integridad de la información y consistencia de los datos.
- ✓ **Análisis:** En el análisis se hace un estudio detallado con la información cualitativa y cuantitativa de los datos recolectados.
- ✓ **Informe final:** Esta etapa incluye las conclusiones del análisis.

Con el punto 2.2.5 se finaliza el ejercicio de revisión del marco teórico para el desarrollo del proyecto. Se contemplaron en su totalidad los tópicos que más adelante servirán para sustentar las actividades del trabajo.

2.3 MARCO ESPACIAL

El proyecto se desarrollara en la Superintendencia de reconstrucción de la empresa Carbones del Cerrejón que está ubicada en el municipio de Albania del departamento de La Guajira. Al mismo tiempo se realizarán visitas y se tendrá contacto con las empresas de servicio de reconstrucción de componentes de las empresas que están ubicadas en Barranquilla en el departamento del Atlántico.

2.4 DEFINICIÓN DE REFERENTES

Con base en la revisión bibliográfica, el alcance y el tipo del proyecto se hizo la selección del referente para los dos temas necesarios en la elaboración del proyecto: Modelo de metodología Benchmarking, y modelo de elaboración de plan de mejora

2.4.1 Modelo de Benchmarking

En la revisión bibliográfica se estudiaron 5 modelos distintos de Benchmarking. En su mayoría estos fueron diseñados para empresas y sectores específicos, sin embargo son de aplicabilidad para el proyecto de este trabajo. Para la escogencia del modelo se diseñó un sistema sencillo de valoración con los siguientes criterios ponderados:

- a. Número de pasos: 40%. Con este criterio se pretende dar prioridad al modelo que tenga el menor número de ítems en su desarrollo con el fin de seleccionar el menos complejo, que permita adelantar un ejercicio íntegro sin divagar en temas accesorios de menor importancia.
- b. Facilidad de aplicación: 30%. Con este criterio se pretende dar prioridad al modelo que sea más fácil de usar relacionado al proyecto que se está ejecutando. Se tiene en cuenta los requerimientos y exigencias adicionales al número de pasos que se definan en la metodología.

Análisis de cada modelo para definir este criterio:

- Spendolini: Esta metodología es simple y se enmarca dentro de los 5 pasos que menciona el libro. No se mencionan pasos adicionales o se dan subsecciones que requieran de una elaboración más compleja. Calificación 4.
- G&W: La metodología tiene una complejidad mayor que el anterior. En esta se requiere del uso de 5 etapas que a su vez están divididas en 18 pasos y algunos de estos últimos

tienen subdivisiones. Requiere adicionalmente una precisión en el cumplimiento de premisas de información que demandan tiempo en exceso y no representan mayor ganancia en el desarrollo de este ejercicio. Calificación 2.

- Kaiser: En el libro Benchmarking for Competitive Advantage hay una descripción detallada de la metodología Kaiser para la realización de un Benchmarking. Son en su totalidad 12 pasos de obligatorio cumplimiento que requieren menor tiempo de ejecución que G&W pero mayor a Spendolini. Los pasos 10-12 que son, Ajustar la meta, Implementar, Revisión y calibración están por fuera del alcance de este proyecto. Calificación 4.
- A&M: El modelo de Andersen y Moen presenta un detalle para cada una de las 6 etapas y una precisión acorde con el proyecto a realizar. En algunas de las 6 etapas es importante cumplir con requisitos de captación de datos y aprobación gerencial que demandan mayor complejidad y tiempo en su ejecución. Calificación 3.
- Camp: Este modelo de benchmarking implementado por Robert Camp en Xerox consta de cinco fases muy completas que han sido replicadas en otros ejercicios de Benchmarking revisados durante la fase de marco teórico de este proyecto. La gran cantidad de información y los ejemplos diversos representan una ventaja clara para utilizarlo. Calificación 4.

c. Cercanía con la aplicación del proyecto: 30%. Como se mencionó anteriormente, cada uno de los modelos de Benchmarking fueron desarrollados en ámbitos distintos y para diferentes aplicaciones. Unos tienen procedencia académica mientras que otros provienen de la experiencia en industrias. Con este criterio se pretende dar prioridad a aquel modelo cuya aplicabilidad esté más relacionada con el proyecto que se desarrolla en este trabajo.

Para la evaluación de los modelos se asigna un valor de referencia de 1 a 5 donde 5 es más favorable al desarrollo del proyecto y 1 menos favorable.

Item	Modelo	Criterios			Evaluación
		Número de pasos	Facilidad de aplicación	Cercanía	
1	Spendolini	5	4	3	4.1
2	G&W	1	2	3	1.9
3	Kaiser	2	4	4	3.2
4	A&M	3	3	3	3
5	Camp	3	4	4	3.6

Tabla 4. Evaluación modelo de Benchmarking para utilizar en proyecto. Fuente: Construcción propia

En la Tabla 4 se puede apreciar que el método de Michael J. Spendolini es el más acorde con el proyecto de acuerdo con los criterios previamente definidos.

2.4.2 Modelo plan de mejoramiento

Una vez se haya desarrollado el ejercicio de Benchmarking, la etapa de análisis debe concluir en un plan de mejoramiento. En la sección de marco teórico del capítulo 2 se mencionaron dos modelos para la construcción de un plan de mejoramiento que incluían la definición que los autores daban a este, los pasos que se debía seguir en su construcción y otra información importante en cuanto al diseño y seguimiento del plan.

Para la definición del referente en el modelo del plan de mejoramiento se definieron dos criterios claves a la hora de evaluar cuál es el indicado.

- **Facilidad de aplicación:** La sencillez en pasos y en cuanto a especificación es importante para determinar si es apropiado para el uso en este proyecto. Cuando se revisan los modelos de ANECA y AQU, el primero determina 6 sencillos pasos para completar un plan de mejora mientras que el AQU expone más de 8 consideraciones.
- **Propiedad con el proyecto del trabajo:** El modelo ANECA es abierto y puede aplicarse a cualquier sector o cualquier organización que se plantee definir un plan de mejoramiento, sin embargo el AQU presenta un enfoque más cercano a la educación, sin embargo esto no es limitante para usarle.

Como conclusión se escoge usar el modelo ANECA dados sus beneficios para el desarrollo de este proyecto bajos los dos criterios mencionados arriba.

2.5 ANALISIS

El estudio constante de los procesos de la Superintendencia de Reconstrucción y de su estatus con respecto a la competencia que hay en el mercado se vuelve fundamental para la elaboración de planes de mejora que apunten al mantenimiento y aumento de la calidad de los componentes reparados en Cerrejón. Este proyecto busca encontrar oportunidades de mejora en los principales aspectos que determinan el éxito de la reconstrucción de componentes:

- Recurso Humano
- Materiales y Repuestos
- Calidad y proceso de reparación

Durante la ejecución del proyecto se tiene previsto realizar un ejercicio de Benchmarking con por lo menos una empresa del sector que se encuentre en la región de la costa caribe, con el objetivo de analizar los métodos y datos que dicha empresa emplea para la reconstrucción de componentes.

Como herramienta para la gestión y mejora empresarial, el Benchmarking es clave para identificar las brechas y oportunidades que tiene la organización con respecto al ideal de la industria, porque permite comparar procesos y procedimientos de la reparación de componentes. Como se ve en la revisión de marco teórico del capítulo 2 no hay una sola técnica o modelo para la implementación de un Benchmarking, sin embargo, aunque difieren en el número de pasos, su complejidad y sector de la industria en la que son aplicables, se puede identificar unas actividades comunes que son infaltables:

- Determinación de las características a analizar,
- Definición del equipo de trabajo,
- Definición del socio con el que se trabajará
- Recolección de información
- Análisis y desarrollo de plan de mejora

Con el estudio de los diferentes modelos y la selección del referente se definió el uso en el proyecto del modelo de Benchmarking que sigue los pasos establecidos por Spendolini, determinando una base conceptual que no desestime los otros modelos cuando se requiera alguna profundidad en una de las etapas de desarrollo del proyecto. De esta manera se propone una estructura de modelo de Benchmarking con las siguientes fases a implementar:

- Determinación de alcance del Benchmarking
- Identificación de socio de Benchmarking
- Definición de los factores críticos de éxito
- Recolección de la información
- Análisis de la información recolectada
- Planteamiento de acciones para el cierre de brechas encontradas

A continuación se muestra una breve explicación de cada paso que está representados de manera gráfica en la figura 15:



Figura 15. Diagrama de propuesta del método de Benchmarking para el proceso de Reconstrucción de componentes de equipos mineros

- **Determinación de alcance del Benchmarking:** Se mostrarán los datos e información que ayudan a establecer los límites y alcances del estudio Benchmarking a realizar. Los diferentes tipos de componentes que se reconstruyen en la superintendencia de Reconstrucción requerirán de una decisión de selección para adelantar el proyecto actual.

- Identificación de socio de Benchmarking: Dado el impacto en la calidad del estudio de una buena selección del socio del Benchmarking, en esta sección se describirá los factores para seleccionarlo apropiadamente.
- Definición de los factores críticos de éxito: Se determinarán los factores claves en que debe centrarse el estudio para que la recolección de información de modo que se prioricen los análisis y planes de acción que mayor impacto generen en la Superintendencia de Reconstrucción.
- Recolección de la información: Se contactará a la empresa y al personal del socio del Benchmarking para conseguir la información necesaria tanto para la planeación de las herramientas del estudio como para la información técnica requerida. El contacto con el socio se realizará vía correo electrónico con información preliminar del objetivo del estudio de Benchmarking. Igualmente el estudio incluirá una visita al socio para revisar en detalle sus procesos y asegurar la información intercambiada por correo.
- Análisis de la información recolectada: Cuando se finalice la recolección de la información y la visita en las instalaciones del socio del benchmarking se procederá con el análisis de la información según los factores críticos de éxito previamente establecidos. De esta manera se identificarán las brechas entre los procesos comparados
- Planteamiento de acciones para el cierre de brechas encontradas: Una vez establecidas las oportunidades de las brechas encontradas se elaborará un plan de mejora que apunte intervenir el proceso de reconstrucción de componentes.

CAPITULO 3: PROPUESTA DE DISEÑO DE PLAN DE MEJORAMIENTO

En este capítulo se abordará el desarrollo del proyecto iniciando por una caracterización del proceso que permitirá identificar los factores críticos del proceso que luego se utilizarán al realizar el diagnóstico operativo de la Superintendencia de Reconstrucción que definirá el estado actual del proceso de reparación de motores 3516 en Carbones del Cerrejón. Este ejercicio de diagnóstico permitirá conocer las fortalezas y debilidades que presenta la división frente a las oportunidades en sus procesos. En la segunda parte de este capítulo se documentará el ejercicio de Benchmarking para el cual se definen unos criterios de selección del socio, se determinan la información a recolectar, se realiza el estudio para exponer sus resultados y así concluir con los criterios de diseño del plan de mejoramiento de la Superintendencia de Reconstrucción

3.1 CARACTERIZACIÓN DE PROCESO DE RECONSTRUCCIÓN DE MOTORES 3516 EN CERREJÓN

3.1.1 Descripción del proceso

La empresa Carbones del Cerrejon tiene un departamento de mantenimiento que a su vez, tiene un centro de costos llamando Superintendencia de reconstrucción que está conformado en su conjunto por los talleres de motores, talleres de hidráulica, taller eléctrico, taller de soldadura, taller de máquinas y herramientas, todo los mencionados soportan el servicio de los diferentes componentes de las flotas mineras que tienen la empresa, donde se debe garantizar la efectividad de su operación, mediante la prestación de servicios que aseguren y mejoren sus niveles de confiabilidad y disponibilidad de los equipos y especialmente el motor 3516 que son instalados en los camiones Caterpillar.

Como se mencionó la superintendencia de reconstrucción tiene varios centro de trabajos, sin embargo se estará analizando una de las principales, el taller de reconstrucción de motores, en este centro de trabajo se reconstruyen los diferentes motores que maneja la compañía como son los motores 3516 CAT, 16VS400 y las líneas QSK, para el estudio de este proyecto se seleccionó el motor 3516 CAT como se mencionó en el capítulo 1.

En el proceso de reconstrucción de motor 3516 inicia con el ingreso recibido del componente por parte de servicios, una vez se ha removido el motor del equipo en el hangar de mantenimiento, este es trasladado por un montacargas hasta la sección de Reconstrucción. Donde se recibe el componente Motor 3516 y se registra en el formato de recibo y creando una preorden de trabajo en el sistema ERP Ellipse. Cada componente (Motor) recibe una tarjeta de información y es enviado a drenaje de aceites para luego ser almacenado en el patio de componentes. Luego el programador hace inspecciones diarias por el taller, una vez se identifica el motor recién llegado, se procede a elaborar orden de trabajo, y se programa motor para el proceso de reconstrucción. El programador necesariamente tiene que inspeccionar o validar físicamente, ejecutando el proceso de programación, sigue el donde componente entra al proceso de reconstrucción el cual presenta varios pasos antes de entregarse satisfactoriamente al cliente, la etapa siguiente en el proceso es el prelavado donde se retira la suciedad externa que trae del camión en el cual estaba instalado o del patio de componentes donde es almacenado temporalmente. En el área de prelavado se encuentra un operador que utiliza una hidrolavadora industrial donde se aplican detergentes, desengrasantes y se retira con el uso de la máquina. Limpio el motor es aceptado para ingresarlo al proceso de desarme, un montacargas mueve el motor hasta una de las estaciones de trabajo. Es de importancia conocer que el taller cuenta con 10 estaciones de trabajo que pueden ser usadas para cualquier modelo de motor y con el uso de herramientas hidráulicas y neumáticas se hace el desarme del equipo, se inspeccionan las partes que son retiradas para luego ser clasificadas en las que se desecharán o las que serán reusadas. El motor 3516 cuenta con cerca de 1000 partes distintas por lo que el proceso toma cerca de 150 horas. Posterior se hace la solicitud de repuestos para la reconstrucción. Hay un kit básico llamado APL que corresponde a los repuestos que siempre deben ser cambiados en una reconstrucción del motor. Acto seguido se procede a realizar la inspección de las partes que han sido clasificadas como reusables las cuales son almacenadas en unas cajas metálicas especiales para enviar al área de lavado. Las partes y repuestos que están desgastadas, con daños irreparables son descartadas. En el área de lavado se encuentran dos máquinas especiales para el lavado de los elementos ferrosos y no ferrosos que provienen del proceso de desarme. Se tiene como control que estas piezas estén bien lavadas para asegurar la calidad en la reconstrucción. En este proceso son utilizados productos detergentes especiales para que no atacan el material ni la superficie. Este lavado toma cerca de 2 horas, aunque presenta demoras por los partes de

los otros componentes que se reparan en el taller. Lavado el motor se procede al proceso de reconstrucción, en esta etapa los repuestos ya han sido recibidos desde la bodega previa solicitud y han sido clasificados, organizados y desempacados, para proceder con la instalación del bloque del motor, luego con la instalación del cigüeñal, las líneas de potencia, las culatas, y luego los componentes menores y periféricos. Este proceso requiere del uso de montacargas, puente grúa, grúa radial, herramientas de torque que pueden ser hidráulicas y neumáticas, y su tiempo de trabajo es de 300 horas. Finalizado el proceso de instalación de los componentes en su totalidad pasa a la siguiente etapa de prueba; esta se realiza en un área que cuenta con un equipo llamado dinamómetro que no es más que un freno hidráulico que se opone a la rotación del eje del cigüeñal. Por medio del uso del dinamómetro se hacen pruebas para determinar la curva de potencia y rpm de un motor, cumplidos todos los criterios del motor este es liberado para entregar a la siguiente etapa del proceso llamado envío a bodega, identificado el motor 3516 con una tarjeta verde que lo rotula como disponible para el cliente interno (mantenimiento de flotas) o despacho a bodega. El motor es enviado en camiones a bodega central y en algunas ocasiones directamente al cliente interno cuando hay emergencias.

3.1.2 Flujograma del proceso

En la figura 16 presenta el diagrama de flujo del proceso, donde se esquematiza de forma gráfica cada etapa del proceso y sus principales fases. Esto con el fin de detallar todas las variables que intervienen para su posterior caracterización y clasificación.

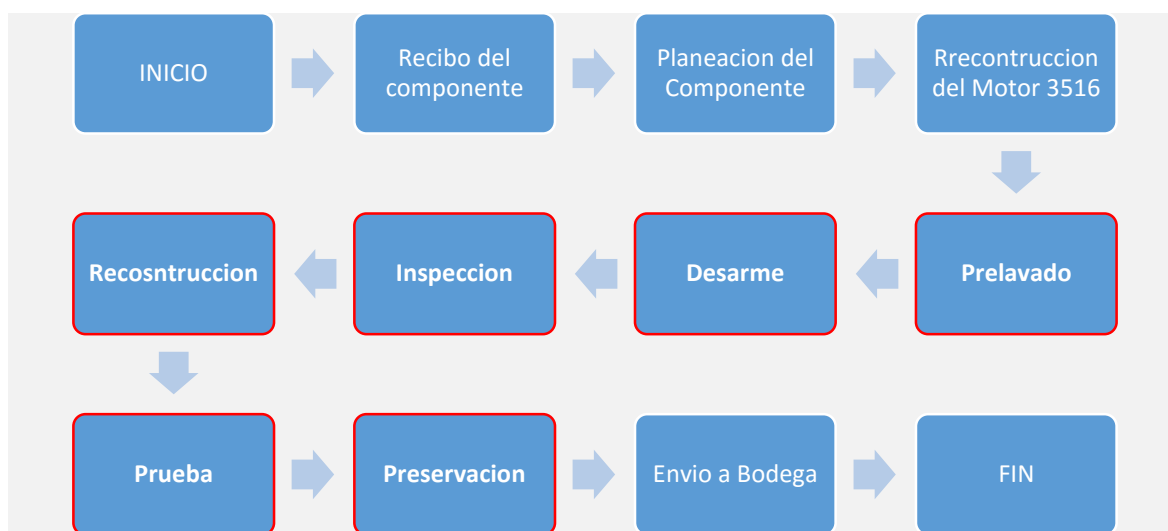


Figura 16. Diagrama de flujo del proceso de reconstrucción motores CAP 351 Fuente: Construcción propia

3.1.3 Flujograma de información del proceso

Así mismo se presenta en la figura 17 el diagrama de flujo del proceso la información entre las principales componentes del proceso. Donde de cierta forma se puede comprender la dinámica y los pasos lógicos de la información a lo largo del proyecto presentado.

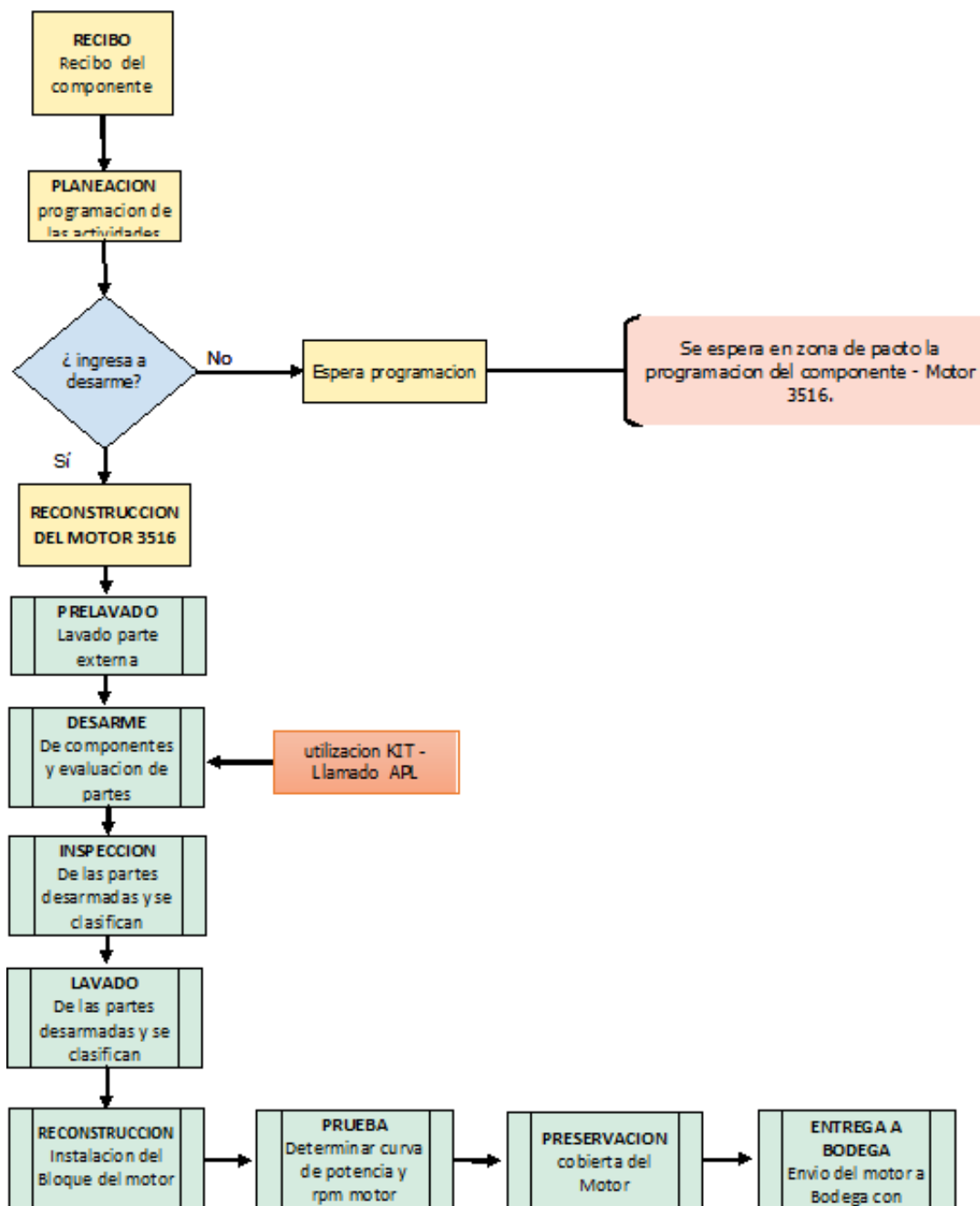


Figura 17. Diagrama de flujo de la información de reconstrucción motores CAT 3516 Fuente: Construcción propia

3.1.4 Descripción del producto

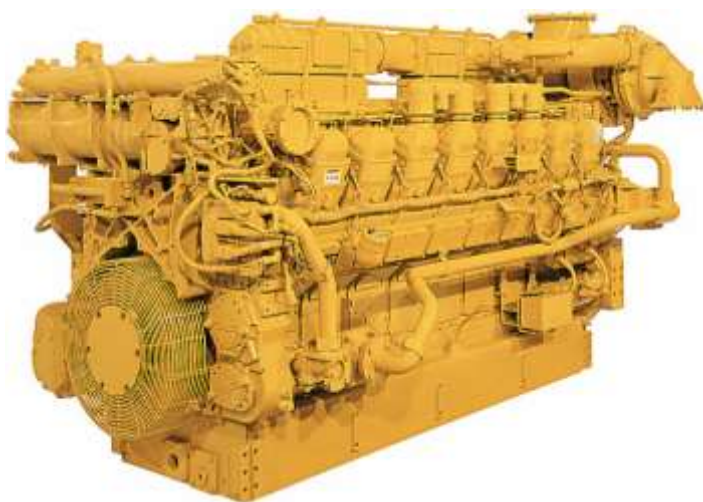
Para contextualizar el proyecto se presenta una descripción básica del componente evaluado, el motor diésel modelo 3516. Este motor diésel es de cuatro tiempos, de 16 cilindros en V, inclinados a 60 grados, una relación baja de peso a potencia, sistema de barrido pleno de aire, culata de cilindros individuales, pistones flotación libre y una cantidad de inyección de combustible. Ver Tabla 5 y Figura 18.

Calibre	170 mm	6,7 pulg
Carrera	190 mm	7,5 pulg
Cilindrada	69.1 litros	4210 pulg*3

Relación de compresión	13.5:1
Tipo de combustión	Inyección directa
Sentido de rotación del Motor	Contrario a las manecilla del reloj

Tabla 5. a) Especificaciones de medidas en motor 3516 CAT. b) Especificaciones operación motor 3516 CAT.

Fuente: Elaboración propia



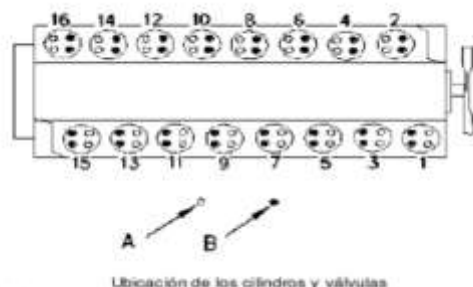


Figura 18. a) Motor modelo 3516 CAT b) Configuración esquemática de motor modelo 3516 CAT. Fuente: Relianz

El motor 3516 tiene una serie de repuestos que suma un número mayor a 1000 partes y que en algunas ocasiones hacen parte de componentes periféricos o menores como turbos, bombas, enfriadores de aceite, e intercambiadores. El proceso de reconstrucción incluye el desarme y arme de los componentes mencionados como parte del proceso total de reconstrucción.

3.1.4.1 Características del motor

- Control eléctrico total
- Inyectores unitarios de alta presión
- Dos válvulas de admisión y dos de escape por cilindro, endurecidas con rotaválvulas y asientos de aleación de acero templado.
- Seguidores de leva de alineación automática en el árbol de levas.
- Pistones de dos piezas con corona de acero, faldas de aluminio térmicamente asiladas, con tres anillos cada uno, enfriados por un doble chorro de aceite.
- Cojinetes de cigüeñal con uniones de cobre y dorso de acero.
- Muñones de cigüeñal templados.

3.1.5 Descripción de los recursos

Para la realización del proceso de reconstrucción de motores 3516 se requiere de unos recursos que coinciden con los otros componentes que se reparan en el taller en Cerrejón.

A continuación se resume en la tabla 6 el listado de los recursos según la etapa del proceso de Reconstrucción:

Subproceso	Recursos		
	Personal	Herramientas	Infraestructura
Recibo de componente	Técnicos de recibo: 3 Supervisor de recibo: 1 Operador montacargas: 1	Montacargas: 1	Área de recibo Patio de almacenamiento Software Ellipse
Desarme	Técnicos en turno: 16 Supervisor de taller: 1 Operador de montacargas: 1 Planeador: 2	Montacargas: 1 Puentegrúa: 1 Grúa radial: 1 H/mientas hidráulicas: 3 Otras herramientas menores	Bahía de proceso Estantes para repuestos: 4 Muebles/mesas de trabajo Software Ellipse
Lavado	Técnicos de lavado: 2 Supervisor área de lavado: 1 Operador de montacarga: 1	Montacargas: 1 Hidrolavadora: 1 Puentegrúa: 1 Grúa radial: 1 Máquinas de lavado industrial: 2 Cubas desengrasante: 2	Área de prelavado Área de lavado Software Ellipse Bodega de repuestos Repuestos, materiales y consumibles
Arme	Técnicos en turno: 16 Supervisor de taller: 1 Operador de montacargas: 1 Planeador: 2	Montacargas: 1 Puentegrúa: 1 Grúa radial: 1 H/mientas hidráulicas: 3 Otras herramientas menores Equipo sandblasting: 1	Bahía de proceso Estantes para repuestos: 4 Muebles/mesas de trabajo Software Ellipse
Prueba y Alistamiento	Técnicos en turno: 8 Supervisor de taller: 1 Operador de montacargas: 1 Planeador: 2	Dinamómetro: 1 Torre de enfriamiento: 1 Montacargas: 1 Puentegrúa: 1 H/mientas hidráulicas: 3 Kit de instalación dinamómetro Otras herramientas menores	Área de dinamómetro Área de alistamiento antes y después de prueba Software Ellipse

Tabla 6. Descripción de recursos requeridos en el proceso de arme de motor 3516 en Cerrejón.

3.2 DEFINICIÓN DE FACTORES CRÍTICOS DEL PROCESO

En línea con la caracterización y levantamiento de información del proceso de reconstrucción de motores 3516 en Cerrejón se procedió a hacer un análisis interno que defina cuales son los factores críticos del proceso que sean dominantes para enfocar el diagnóstico operativo y proyectar los puntos de comparación con el socio de Benchmarking. Con ayuda de la bibliografía del libro Benchmarking de Michael J. Spendolini se procedió a seleccionar unos factores de interés en el proceso para ser evaluados:

- a. Producción
- b. Recursos Humanos
- c. Costos
- d. Características del producto
- e. Tecnologías de Información

Se presentó un cuestionario a los diferentes actores del proceso de Reconstrucción para conocer su valoración de cada uno de los factores anteriores y de su impacto en el desempeño de la reconstrucción de motores: Se consultó al principal cliente del proceso que es el superintendente de mantenimiento de camiones y su equipo de trabajo compuesto por supervisores y planeadores, se consultó a los directamente relacionados en la reconstrucción de los motores incluyendo al supervisor, planeadores y técnicos mecánicos, y principalmente al gerente de mantenimiento quién es el principal cliente del proyecto de comparación. En la siguiente tabla se muestra un resumen del personal que fue entrevistado y sometido al cuestionario:

Área de Consulta	Rol en proceso	N° entrevistas
Superintendencia Camiones Mecánicos : Superintendente, Planeadores,	Cliente de proceso	4
Superintendencia de Reconstrucción: Supervisor de taller, Supervisor de	Reconstructor	5
Gerencia: Gerente de Mantenimiento	Cliente de proyecto	1

Tabla 7. Resumen de personal consultado sobre factores críticos del proceso de reconstrucción.

En un formato idéntico al mostrado en las tablas 8-12 se consolidó la respuesta de los consultados valorando el desempeño percibido y el impacto que genera en el proceso total.

	Factor: Producción					
	Percepción			Impacto		
	Bueno	Regular	Malo	Bajo	Medio	Alto
Capacidad producción		X				X
Costos de repuestos	X					X
Herramientas menores	X				X	
Planeación	X				X	
Supervisión	X					X
Ciclo de procesamiento			X			X
Productividad			X			X
Montacargas			X		X	
Puente grúa	X					X
Tiempos de espera			X			X
Organización de proceso		X			X	

Tabla 8. Consolidado de resultado entrevistas sobre percepción factor crítico producción

	Factor: Recursos Humanos					
	Percepción			Impacto		
	Bueno	Regular	Malo	Bajo	Medio	Alto
Fuerza laboral		X				X
Productividad			X			X
Competencias		X				X
Entrenamiento		X			X	
Reconocimiento		X			X	

Tabla 9. Consolidado de resultado entrevistas sobre percepción factor crítico Recursos Humanos

	Factor: Costos					
	Percepción			Impacto		
	Bueno	Regular	Malo	Bajo	Medio	Alto
Costo reconstrucción	X					X
Costo mano de obra			X		X	
Costos administrativos	X			X		
Costos de materiales	X					X

Tabla 10. Consolidado de resultado entrevistas sobre percepción factor crítico Costos

	Factor: Características del producto					
	Percepción			Impacto		
	Bueno	Regular	Malo	Bajo	Medio	Alto
Calidad		X				X
Garantía			X	X		
Confiabilidad			X		X	
Durabilidad	X					X

Tabla 15. Consolidado de resultado entrevistas sobre percepción factor crítico características del producto

	Factor: Tecnologías de Información					
	Percepción			Impacto		
	Bueno	Regular	Malo	Bajo	Medio	Alto
Soporte planeación			X			X
Soporte seguimiento			X	X		
Calidad información			X		X	
Soporte postproducción		X			X	

Tabla 12. Consolidado de resultado entrevistas sobre percepción factor crítico Tecnologías de información

3.2.1 Análisis y conclusiones

Al valorar cada uno de los niveles del cuestionario de los factores críticos del proceso de la siguiente manera se encontró que los principales puntos de preocupación para diagnosticar y mejorar son:

Orden de importancia factores críticos	Valor
Producción	130
Recursos Humanos	73
Tecnologías de información	54
Características del producto	40
Costos	36

Tabla 13. Orden de importancia de factores críticos del proceso

Principales temas importancia	Factor	Valor
Ciclo de procesamiento	Producción	25
Productividad	Producción	25
Tiempos de espera	Producción	25
Soporte planeación	Sistemas de información	25
Capacidad de producción	Producción	15
Montacargas	Producción	15
Fuerza laboral	Recursos Humanos	15
Competencias	Recursos Humanos	15
Costo de mano de obra	Costos	15
Costo de materiales	Costos	15
Calidad	Características del producto	15
Confiabilidad	Características del producto	15

Tabla 14. Orden de importancia de ítems según su factor crítico de proceso

Valoración: Bueno (1), Regular (3), Malo (5), Bajo (1), Medio (3), Alto (5). El peso total de cada ítem resulta de multiplicar la percepción por el impacto. Entre mayor el valor mayor importancia para diagnóstico y comparación con el socio.

Como se puede ver en la tabla 13, sobresalen 3 factores críticos del proceso sobre los otros que señalan en que debe enfocarse el diagnóstico sin embargo al analizar desde otro punto de vista como se ve en la tabla 14, hay ítems de otros factores críticos que es importante revisar mientras que hay ítems que no los son tanto y se encuentran en los primeros 3 factores de la tabla 13.

Por lo tanto se define que el enfoque del diagnóstico y la siguiente comparación con el socio se enfocarán en los 12 ítems de la tabla 14 relacionándoles dentro de los factores críticos mencionados.

3.3 DIAGNÓSTICO OPERATIVO DEL PROCESO DE RECONSTRUCCIÓN DE MOTORES 3516 EN CERREJÓN

Para conocer en detalle el proceso se requiere entender cada uno de los pasos que se llevan a cabo en el mismo, conocer sus métricas y estándares. En el numeral 3.2 se concluyó que los ítems a abordar en el diagnóstico serían los mencionados en la tabla 14, que pueden agruparse también en cuantitativos y cualitativos, por lo que se deben tomar diferentes vías para conseguir el análisis del estado del taller. La propuesta de estudio y análisis inicial de los ítems se hará por medio de un FODA para validar el impacto de las debilidades y ventajas que se tienen en el taller, y posteriormente se realizará un análisis cuantitativo y cualitativo de la información conseguida.

La metodología que se usa para el siguiente desarrollo del diagnóstico tiene como fuentes de información primarias la observación del taller y fuentes secundarias si se requiere de un análisis posterior de la información o base de datos recolectada. Utilizará como herramientas de captura las mencionadas en el numeral 3.3.2.

3.3.1 Aplicación de metodología FODA

Uno de los aspectos fundamentales para el desarrollo del diagnóstico de los procesos, es el análisis situacional, también conocido como análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas), el cual posibilita la recopilación y uso de datos que permiten conocer el perfil de operación de una empresa en un momento dado, y a partir de ello establecer un diagnóstico objetivo para el diseño e implantación de estrategias tendientes a mejorar la competitividad de una organización. Según Chapman (1997) la FODA es una herramienta de gran utilidad para entender y tomar decisiones en toda clase de situaciones de negocio y empresas.

Para la elaboración del Análisis FODA se detallaron de manera particular cada etapa del proceso tanto los factores internos como externo, dicho análisis ayudo a identificar las Fortalezas y Oportunidades presentes en la superintendencia de reconstrucción de motores, contrarrestando las Debilidades y Amenazas para transformarlas en Fortalezas.

3.3.1.1 Ámbito Interno

Fortalezas

- Recurso humano calificado para el manejo adecuado de los equipos presentes en el área,
- Personal comprometido con su trabajo, en pro de ofrecer un buen servicio.
- Personal capaz de improvisar para lograr la realización de las actividades designadas.
- Contacto proveedor fabricantes originales de los repuestos con un menor costo.

Debilidades

- La capacidad de producción del taller de Cerrejón
- Falta de materiales para la fabricación para la reconstrucción de motores 3516,
- Falta de motivación, no se incentiva al personal por medio de reconocimientos
- Desactualización del sistema ERP Ellite.

3.3.1.2 Ámbito Externo

Oportunidades

- Ingreso constante de personal pasantes y aprendices.
- Convenios con empresas externas.
- tecnologías de la información y equipos cambiantes:
- Evaluación de la competencia en reconstrucción de motores.

Amenazas

- Entorno Político-Económico del país e inestabilidad del sector minero.
- Falta de inversión en Taller de reconstrucción
- Paros y huelgas.
- No enteramiento del personal calificado.

3.3.1.3 Análisis de las variables de la matriz FODA

Para cada criterio establecido, se realizó el análisis de criterios y sus cuatro variables (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) una vez finalizado este proceso se elabora una matriz y una asignación de ponderación de datos con el propósito facilidad en el manejo de la información, logrando con esta estructura el resultado final de tal forma que se demuestre los

elementos tangibles que permitan identificar de manera apropiada las variables que inciden o presentan mayor impacto dentro del proceso de reconstrucción de motores 3516.

Fortalezas

- **Recurso humano calificado:** este punto es una fortaleza de la empresa dado que recurso humano posee la experiencia entre 20 y 30 años en el manejo de la operatividad del área de reconstrucción
- **Personal comprometido:** Persona disponible con su trabajo, en la búsqueda de ofrecer un buen servicio en el área de reconstrucción, para el mejoramiento del desempeño dentro de la organización
- **Personal capaz de improvisar:** Esta es una variable de vital importancia en el proceso dado al debido cambio y adaptación constante que debe enfrentar el personal en la realización de las actividades designadas.
- **Contacto proveedor:** Este punto se hace referencia a los fabricantes repuestos originales, siendo esto un valor agregado en el proceso dado la importancia de adquirir repuestos originales a un menor costo que el competidor inmediato.

Debilidades

- **La capacidad de producción del taller:** La falta de capacidad instalada, tiempos muertos y la estructura de producción en estaciones de trabajo, están afectando la capacidad de producción del taller para cubrir la demanda del cliente interno (flotas mineras).
- **Falta de materiales para la reconstrucción de motores 3516:** este punto hace referencia a la exactitud de inventario de materiales o equipos no es confiable por los faltantes regulares presentados en las órdenes de trabajos generadas..
- **Falta de motivación:** actualmente no se incentiva al personal por medio de reconocimientos o bonos de productividad por el cumplimiento de estándares de producción, horas o unidades etc.
- **Desactualización del sistema ERP Ellite:** en este punto se hace referencia a la no utilización de la herramienta ERP para los procesos de planificación de la producción, control de tiempos, trazabilidad de las etapas del proceso etc.

Oportunidades

- **Ingreso constante de personal pasantes y aprendices:** La oportunidad de tener banco de datos de personal especializado en los procesos de reconstrucción de motores para eventualidades requeridas durante la operación de fabricación de motores 3516. En picos altos de producción.
- **Convenios con empresas externas:** la necesidad de llevar acuerdos con proveedores de herramientas y equipos en donde se tienen un ejercicio de costo beneficio.
- **Tecnologías de la información y equipos cambiantes:** se visualiza como una oportunidad que se presenta para el cambio de información y equipos mejorados a nivel de mercado, que es lo nuevo existe que pueda mejorar la productividad del proceso,
- **Evaluación de la competencia en reconstrucción de motores.** Oportunidad de mejoras en la forma de ejecutar las actividades, los procesos de reparación de equipos.

Amenazas

- **Entorno Político-Económico del país e inestabilidad del sector minero:** la inestabilidad en el precio del carbón es una amenaza de mayor impacto que afecta directamente a la compañía incluyendo al área de reconstrucción de motores.
- **Falta de inversión en Taller de reconstrucción:** Esta variable hace referencia a la amenaza existente por la obsolescencia de los herramientas y equipos utilizados en el área de reconstrucción, que de una u otra manera afecta la competitividad del área de construcción y el tiempo de respuesta en la entrega al cliente interno,
- **Paros y huelgas.** Esta es una amenaza que está latente, en algunas cosas se presenta por el incumplimiento de los acuerdos pactos, esta variable afecta significativamente el proceso de reconstrucción.
- **No enteramiento del personal calificado:** hace referencia a la amenaza de no entrenamiento al personal calificado y de experiencia del área de reconstrucción, en los cambio nuevos y las nuevas modificaciones de mejoramiento en la reparación de motores

3.3.1.4 Matriz FODA: Determinación de condiciones reales.

En este punto con base en la experiencia, los datos disponibles y el conocimiento general del proceso, se describe la manera más objetiva una lista de cada una de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.

FORTALEZAS	F1- Recurso humano calificado F2- Personal comprometido con su trabajo. F3 –Personal capaz de improvisar F4 - Contacto proveedor fabricantes originales
OPORTUNIDADES	O1- Ingreso constante de personal pasantes y aprendices: O2- Convenios con empresas externas: O3- Tecnologías de la información y equipos cambiantes O4- Evaluación de la competencia en reconstrucción de motore
DEBILIDADES	D1- La capacidad de producción del taller D2 - Falta de materiales para la reconstrucción de motores 3516: D3 - Falta de motivación D4 - .Desactualización del sistema ERP Ellite.
AMENAZAS	A1 - Entorno Político-Económico del país e inestabilidad del sector minero A2 - Falta de inversión en Taller de reconstrucción: A3 - Paros y huelgas. A4 - No enteramiento del personal calificado:

Tabla 15. Determinación de condiciones reales. Fuente: Construcción propia a partir análisis FODA Galván Herrera Ada A. y Jiménez Guiot Marissa, (2008)

El paso a seguir en el análisis es la asignación de una ponderación para cada una de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, listadas de acuerdo a una escala establecida de 1 a 3, donde el 3 denota el nivel mayor de actuación, el 2 el nivel medio y el 1 el nivel más bajo. A partir de ello se asignará una calificación individual a la lista, para indicar, el grado de cada variable, de esta manera se puede establecer las diferencias entre ellas que permita jerarquizarlas

3.2.1.5 Matriz de ponderación. FODA

FORTALEZA	OPORTUNIDADES	DEBILIDADES	AMENAZAS	TOTAL
F1 Recuso humano calificado (3)	O1- Ingreso constante de personal pasantes y aprendices (1)	D1 - La capacidad de producción del taller (3)	A1- Entorno Político-Económico del país (3)	T=10
F2 Personal comprometido con su trabajo. (1)	O2 - Convenios con empresas externas (1)	D2 - Falta de materiales para la reconstrucción de motores 3516 (2)	A2- Falta de inversión en Taller de reconstrucción (1)	T=5
F3 Personal capaz de improvisar (2)	O3 - Tecnologías de la información y equipos cambiantes (2)	D3 - Falta de motivación (2)	A3- Paros y huelgas. (1)	T=7
F4 Contacto proveedor fabricantes originales. (2)	O4 – Evaluación de la competencia en reconstrucción de motores (3)	D4- Desactualización del sistema ERP Ellite (3)	A4- No-enteramiento del personal calificado (1)	T=9
Total = 8 26%	Total =7 23%	Total =10 32%	Total = 6 19%	T=31 100%

Tabla 16. Matriz ponderación. Fuente: Construcción propia a partir análisis DOFA Galván Herrera Ada A. y Jiménez Guiot Marissa, (2008)

De la tabla anterior se aprecia con la más alta calificación las fortalezas relacionadas con el hecho de que: Recurso humano Calificado (F1), y además, asimismo se observa que dentro de las oportunidades se percibe la evaluación de la competencia en reconstrucción de motores (O4). Con relación a las debilidades y amenazas, se encontró que la mayor calificación se asignó a la

capacidad de producción del taller (D1) y enseguida de la desactualización del sistema ERP (D4), en tanto las amenazas se situaron Entorno Político-Económico del país (A1).

Con el análisis terminado se deben emitir las conclusiones que reflejen el diagnóstico general de la situación que guarda la organización respecto de las variables estudiadas, y que servirán de base para realizar el plan de mejora los cuales debe ser congruentes, pertinentes y adecuados. También con la información obtenida se podrá dar respuesta a cuestiones tales como: ¿Qué debilidades es preciso atacar primero? ¿Qué fortalezas están en un nivel que es necesario cuidar? ¿Cómo enfrentar cierta amenaza?.

3.3.2 Definición y aplicación de herramientas de diagnóstico

La metodología descriptiva que usa en este diagnóstico requiere de información de fuentes primarias tomadas del proceso a través de la observación del proceso en todas sus fases y la interacción en cada una de ellas de las personas, herramientas y espacios. Igualmente se requiere del análisis de fuentes secundarias que corresponden al desarrollo del estudio de bases de datos, bibliografía diversa e información previamente recogida del proceso.

Se mencionan a continuación entonces las herramientas que se usan para el desarrollo del diagnóstico:

- a. Observaciones de área: Con la visita al área se recopila información de primera mano a partir de la visualización, observación e interpretación de los protagonistas en el proceso, su interacción con las herramientas y espacios en los que trabajan. Con las observaciones se espera encontrar relaciones y respuestas a las preocupaciones y comentarios que resultan en la selección de los factores críticos a analizar.
- b. Entrevistas a los actores principales: Es una herramienta para desarrollar una charla con una o más personas con el objetivo de hablar sobre ciertos temas y con un fin determinado. Se busca principalmente conocer las opiniones del entrevistado y descubrir las ideas sobre el estado del proceso.
- c. Cuestionarios a involucrados en el proceso: Consiste en la utilización de un formato preestablecido para sintetizar y facilitar la medición de primera mano de los distintos ítems dentro de los factores críticos a evaluar.

d. **Análisis cuantitativo:** Consiste en el estudio y análisis de la data recolectada sobre las variables del estudio.

e. **Análisis cualitativo:** Consiste en una determinación o definición de la cualidad de un aspecto de las variables observables. Es muy importante porque describe lo que piensa y se observa en los actores principales y puede definir juicios, calificaciones o tendencias de un punto.

3.3.3 Análisis

Con base en la información recolectada con las herramientas mencionadas en el numeral 3.3.2 se procede a hacer un análisis cuantitativo y cualitativo de los ítems agrupados en los factores críticos de proceso.

3.3.3.1 Análisis cuantitativo

Los datos obtenidos para este análisis fueron levantados durante la observación o con la ayuda de base de datos y tablas de indicadores de la superintendencia de reconstrucción:

a. Factor crítico producción

En este factor crítico se analiza la información relacionada con los 5 ítems que se muestran en la tabla 19.

Ítems para análisis Factor crítico: Producción
Ciclo de procesamiento
Productividad
Tiempos de espera
Capacidad de producción
Montacargas

Tabla 17. Ítems del factor crítico del proceso de producción

En la tabla 18 se puede observar los datos del ciclo de procesamiento de los motores 3516 en Cerrejón e igualmente la información detallada de los subprocesos:

Subproceso	Unidad	Medida
Tiempo desarme	Hora	130
Tiempo de lavado	Hora	20
Tiempo de arme	Hora	220
Tiempo de arme de líneas de potencia	Hora	50
Tiempo de instalación perisféricos	Hora	62.5
Tiempo de calibración	Hora	10.5
Tiempo de prueba y alistamiento motor	Hora	31.5
Ciclo de procesamiento	Día	35

Tabla 18. Promedio de tiempos de ciclo de procesamiento motor 3516

Con ayuda de la base de datos del ERP Ellipse usado para apoyar el proceso de reconstrucción se construyó la tabla 18 donde se aprecia la información relacionada con el proceso de reconstrucción de un motor 3516. En la actualidad toma un promedio de 400 Hrs reconstruir un motor y un aproximado de ciclo de procesamiento de 35 días que incluye desde del desarme del motor hasta la prueba en dinamómetro. De acuerdo a lo informado por los técnicos dentro de estas horas se encuentran varios tiempos de espera que serán explicados en los próximos párrafos.

En la tabla 19 se observan datos de productividad del taller de motores en general en los últimos 5 años, donde se aprecia una tendencia de desmejora de este indicador a partir del año 2011, lo que demuestra porque es un ítem importante a la hora de indagar por los factores críticos del proceso. Al analizar más en detalle estas cifras se pudo encontrar que hay muchos temas que se relacionan principalmente las esperas por demoras en procesos que se especificarán más adelante.

Productividad taller motores período 2011-2016	
2011	64%
2012	62%
2013	63%
2014	63%
2015	62%
2016	60%

Tabla 19. Productividad talleres motores 3516 período 2011-2016

En la tabla 20 se observa la información detallada de tiempos de espera en el proceso de reconstrucción, incluyendo montacargas que es el ítem 5 de este factor crítico de proceso.

Promedio principales tiempo de espera subprocesos		
Subproceso	Tiempo en horas	% sobre total reco
Tiempo de espera por herramientas	20	5%
Tiempo de espera en prueba dinamómetro	20	5%
Tiempo de espera montacargas/puente grúa	12	3%
Tiempo de espera área de lavado	6	2%
Tiempo de espera repuestos	4	1%

Tabla 20. Promedio de tiempos de espera subprocesos

Mediante el uso de una aplicativo para descargar información de Ellipse, se lleva el control de las horas de demora de los técnicos relacionada con 20 ítems distintos, sin embargo se ha tomado de esa información los 5 principales que están relacionados con los ítems de los procesos críticos seleccionados para evaluar. Los tres primeros de la tabla 20 corresponde a:

- Demora o espera de Herramienta: Los técnicos en el taller requieren de una hora diaria para buscar y solicitar las herramientas al área de herrería porque las mismas se aseguran en

esta área para evitar pérdidas. Debido que al iniciar y terminar el turno todos los técnicos se acercan al área se genera cola y la demora mencionada.

- Demora o espera en prueba dinamómetro: En la prueba del dinamómetro se observó que hay dos momentos que son los de mayor tiempo que corresponde a la desinstalación e instalación de los accesorios para prueba de los motores. Cada modelo de motor requiere del uso de unos accesorios para el control de humos, acceso de agua, inyección de combustible y conexión con el cardán, algunos de los cuáles son compartidos y deben ser instalados antes de la prueba del motor.

- Demora o espera por montacargas/puente grúa: Durante la observación no se encontraron demoras por el uso del puente grúas, sin embargo en la información descargada de Ellipse encontró un promedio de 12 horas de espera por motor armado que equivale a 3% del total de horas invertidas. En el taller de reconstrucción se cuenta con 4 montacargas para los servicios de todos los talleres por lo que en muchas ocasiones un proceso se detiene hasta que se pueda conseguir el equipo para hacer un traslado de un componente para arme.

En la figura 19 se observa la producción de motores 3516 durante el año 2016 versus la demanda en el mismo tiempo. Se observa que durante el año se debieron conseguir con proveedores externos un total de 12 motores con costo unitario que varía entre los 270 – 400KUSD según el origen del motor. De acuerdo con la información levantada, la diferencia entre la producción y la demanda le costó a la superintendencia un total de 1360KUSD, correspondiente a 4 mil millones de pesos al cambio actual.

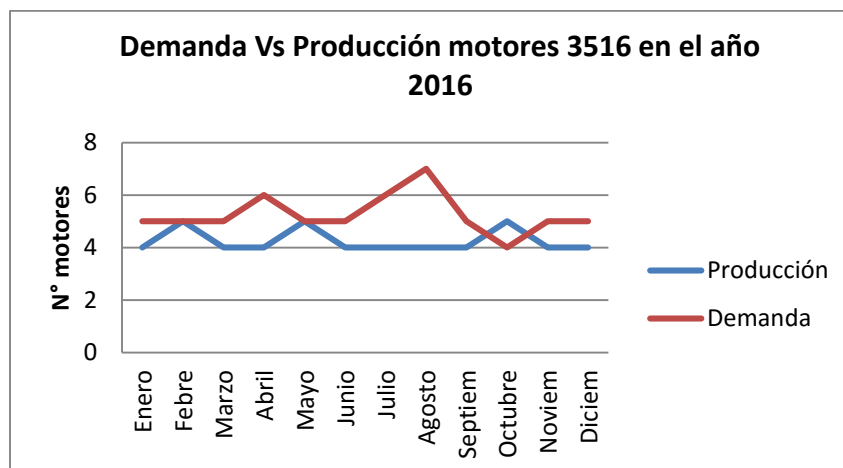


Figura 19 Demanda Vs Producción de motores 3516 en el taller de Reconstrucción para el año 2016

b. Factor crítico recursos humanos

En este factor crítico se analiza la información relacionada con los 2 ítems que se muestran en la tabla 21.

Ítems para análisis Factor crítico: Recursos Humanos
Fuerza laboral
Competencias

Tabla 21. Ítems del factor crítico del proceso de recursos humanos

En la tabla 22 se muestra la composición de la fuerza laboral en el taller de reconstrucción y el entrenamiento que reciben anualmente.

Porcentaje de contratistas en Reconstrucción	# entto por año
0%	2

Tabla 22. Contratistas y entrenamiento en 2016 en proceso de Reconstrucción de motores

De acuerdo con las políticas de la organización no es posible contratar técnicos contratistas que realicen el mismo trabajo de los empleados de Cerrejón porque esto viola la ley laboral colombiana. Se estima que con el turno de un técnico contratista podría alcanzarse una mejora del 30-40% de la productividad del taller aun manteniendo las demoras del proceso actual.

En cuanto al tema de competencias y entrenamiento, en el taller de motores se realizan una certificación anual del modelo motor 3516, que corresponde a un refresco dictado por un tercero no acreditado.

c. Factor crítico Costos

En este factor crítico se analiza la información relacionada con los 2 ítems que se muestran en la tabla 23.

Ítems para análisis Factor crítico: Costos
Costo de mano de obra
Costos de materiales

Tabla 23. Ítems del factor crítico del proceso de costos

De la base de datos de Ellipse se hizo un promedio de los costos de mano de obra y de materiales de la reconstrucción de un motor 3516 que se puede ver en la tabla 24. En el caso de la mano de obra es evidente que el costo por hora es mayor al de los proveedores externos, mientras que en el caso de los costos de repuestos hay una diferencia importante por la importación directa al fabricante CAT de los repuestos usados en la reconstrucción.

Costo promedio HH total motor 3516 (USD)	Costo promedio repuestos total motor 3516 (USD)
18,000	180,000

Tabla 24. Promedio de costo HH y materiales para el motor 3516 en el período de 2016

d. Factor crítico Características del producto

En este factor crítico se analiza la información relacionada con los 2 ítems que se muestran en la tabla 25.

Ítems para análisis Factor crítico: Características producto
Calidad
Confiabilidad

Tabla 25. Ítems del factor crítico del proceso Características del producto

Del análisis de la información descargada del ERP Ellipse se encontró que la falla de los motores dentro del período de garantía ronda el 6.3%, con un compromiso de 2500 hrs desde la entrega del componente.

Con información de la vida media de remoción de los motores reparados en el taller de reconstrucción durante los últimos 5 años se encontró que la VME de los componentes es de 9350. Un indicador adicional en la superintendencia de reconstrucción es el índice de retrabajos después de prueba en dinamómetro, cuya meta es del 5% y actualmente se encuentra en 17%.

e. Factor crítico Sistemas de Información

En este factor crítico se analiza la información relacionada con el ítem que se muestra en la tabla 26.

Ítems para análisis Factor crítico: Sistemas de Información
Soporte a planeación

Tabla 26. Ítem del factor crítico del proceso Sistemas de información.

Actualmente se están produciendo al año un aproximado de 50 motores 3516 en el taller de reconstrucción, sin embargo la información de planeación para producción de estos componentes no está registrada en el sistema de información Ellipse si no que se recibe mensualmente vía correo en documentos Excel. El sistema Ellipse entonces no ayuda con la planeación de la producción. En la figura 20 a continuación se graficó la usabilidad del software en la superintendencia de acuerdo con la información entregada por el proveedor del mismo.

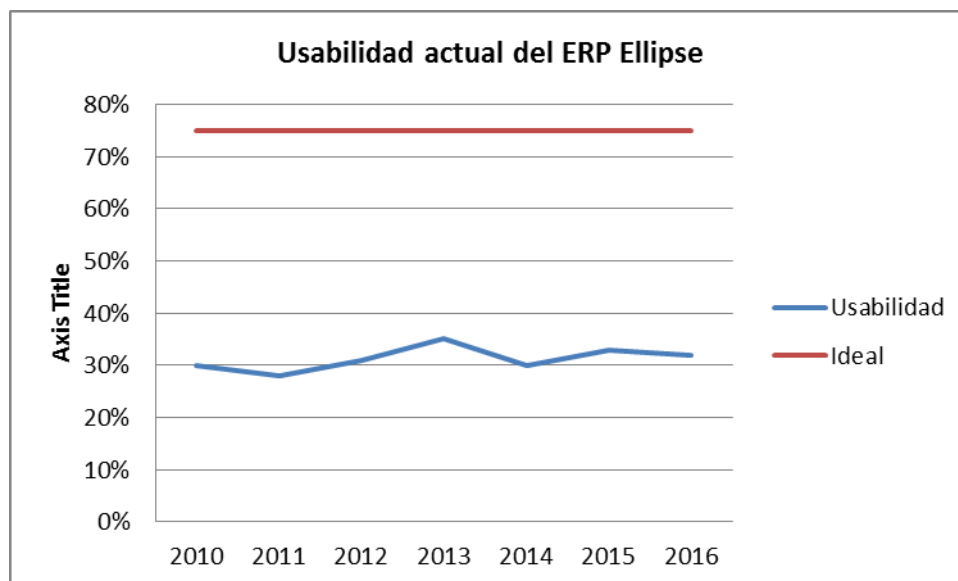


Figura 20. Ítem del factor crítico del proceso Sistemas de información.

3.3.3.2 Análisis cualitativo

En la primera etapa ejecutada con el supervisor Javier Gómez del área de reconstrucción, se conoció el proceso de recibido de motores, ubicación de los mismos, traslados al área de reconstrucción y entrega de materiales por parte del almacén de insumos.

Para conocer más detalle del proceso llevado a cabo en Cerrejón, se obtuvo información relacionada con las diferentes funciones de los cargos y las personas que integran el área de reconstrucción de motores. Actualmente el típico equipo de trabajo del área de reconstrucción motores 3516 Caterpillar, está conformado por dos (2) técnicos especialistas y un (1) supervisor, se tienen en la línea de operaciones de reconstrucción actualmente un balanceo de cuatro (4) grupos de (2) técnicos especialistas y (1) un grupo de trabajo de tres (3), discriminado en turnos 2 x 1, es decir trabajan 2 días y descansan 1 día, y un turno diurno de 2x 3, es decir trabajan 2 días y descansan 3 días.

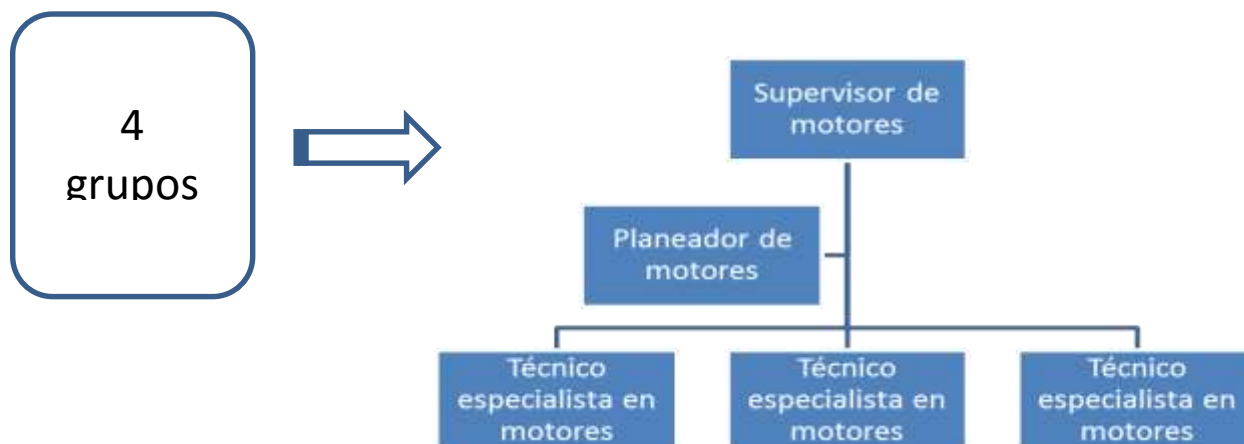


Figura 21. Estructura de trabajo Equipo carbones del cerrejón. Construcción propia.

El supervisor de reconstrucción, es el encargado de analizar y controlar el proceso de entrega prueba y preservación, función que es realizada con el apoyo operativo de dos coordinadores en turno quienes se encarga de registrar y reportar las inconsistencias presentadas en el día a día, del área de reparación de motores.

El tiempo promedio de antigüedad de los supervisores y técnicos en la empresa de 20 años con máximos de 30 años y mínimos de 5. El nivel de escolaridad en promedio es nivel técnico con especialidad en mantenimiento, en el caso de los supervisores y planeadores el nivel mínimo es de especialista.

3.3.3.2.1 Revisión del área de trabajo

Se procedió a realizar el reconocimiento general de la distribución del área de reconstrucción de motores 3516 CAT, así mismo se efectuó un recorrido desde el inicio de la operación hasta el almacenamiento del motor reparado, con el propósito de desarrollar un análisis visual y registrar de manera significativa las actividades ejecutadas en cada una de las etapas del proceso, los recursos disponibles y la cultura organizacional establecida, se anexa como evidencia o registro de la observación, fotografías de las áreas y los recursos con el objetivo de sintetizar las etapas del proceso. Ver Anexo A.

El área reconstrucción de motores de la superintendencia de reparación de Carbones del Cerrejón, comprende un área de 30.000 mts cuadrados distribuidos de la siguiente manera: Taller Hidráulica 3000 mts², Motores 5000 mts², Eléctrica 6000 mt², Soldadura 16.000 mt².

El área de reconstrucción de motores, las etapas y sus áreas de apoyos se encuentran divididos a su vez como muestra la siguiente figura 22, donde se especifica el recorrido del proceso de reconstrucción.

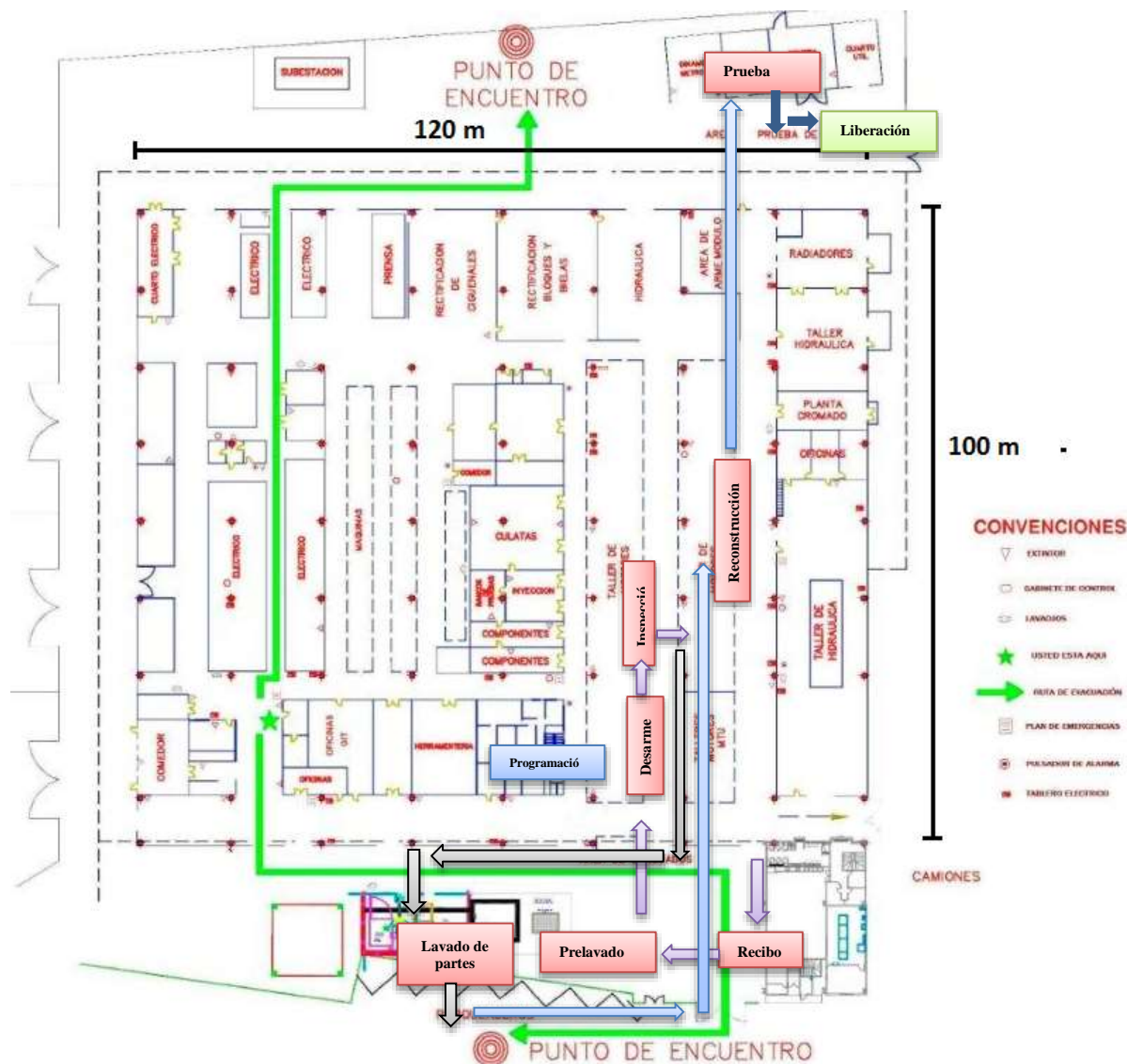


Figura 22. Distribución áreas de talleres Superintendencia de Reconstrucción y flujo del proceso. Fuente: SGC Mantenimiento Carbones del Cerrejón.

Se observó la forma de almacenamiento con que opera los repuestos sobrantes de motores Caterpillar (componentes desinstalados buen estado) en las estaciones de trabajo del área de reconstrucción, donde se evidencio observación directa que no se tiene una lógica de utilización de los mismos, dado que no se disponen a la hora de solicitar componentes al almacenen de materiales, ni mucho menos son devueltos a bodega de materiales e insumos como componentes

desinstalados en buen estado; por este motivo los materiales desinstalados en su gran mayoría son inventario disponibles para el técnico de área de reconstrucción al momento de iniciar una nueva orden de trabajo, pero en el registro de orden de trabajo no se indica, por esta situación el sistema E.R.P. de inventario ELLIPSE no muestra exactitud de saldos disponibles, dada la informalidad de la entrega y solicitud de materiales; Muestra de ello se evidencia en la orden de trabajo No RD041796 donde se tiene un faltante de componente biela en la cantidad de 2 por un valor de 6000. Ver Anexo B. el cual indica el faltante de inventario en una orden de trabajo.

3.3.3.2.2 Recolección de datos.

Una vez obtenida la visión general del proceso de reconstrucción, los recursos y el personal involucrado, tomando como fuente la entrevista realizada Anexo E y la observación directa, se procedió a consultar la base de datos de la empresa para conocer los documentos existentes, pertinentes en el proceso de reconstrucción de motores 3516 Caterpillar con los siguientes comentarios:

- El área de reconstrucción maneja un instructivo para la reconstrucción de motores Código Documento **FO-MAR-MO151**, el cual se describe de manera detallada los procedimientos para desarme y arme de motores el paso a paso de cada actividad. Anexo C.
- A pesar de que se tiene el formato de controles críticos para la reconstrucción de motores, no se tiene claridad de las funciones, responsabilidades, ni los objetivos de cada una de las actividades desarrolladas en la reconstrucción de motores 3516, lo cual dificulta las operaciones realizadas y el esfuerzo en la ejecución.
- Existe un archivo con el diagrama de flujo para el proceso de reconstrucción de motores 3516 Caterpillar, su última versión de actualización se hizo en año 2013, por lo tanto, debido a la dinámica propia de las operaciones este diagrama se considera desactualizado.
- Se consultó por observación directa en E.R.P Ellipse y demás herramientas que se utiliza actualmente la empresa para obtener los datos registros el cual se alimenta la información y otras fuentes, entre ellas está el sistema computarizado de camiones (CTD) en el cual se maneja la información de disponibilidad de los equipos: la aplicación BASEMAN desarrollada para facilitar la administración de las paradas de

los equipos, el RCMCost en el cual se realizan y documentan los análisis del mantenimiento centrado en confiabilidad, EXAKT software especializado de modelamiento de información predictiva utilizado para predecir la vida remanente de algunos componentes principales, la información operativa; la información de inspecciones y de mantenimiento predictivo, la información de signos vitales de algunas flotas y otras. Todo este proceso depende en gran parte de la buena comunicación e interrelación entre las personas que ejecutan las tareas de mantenimiento (técnicos) y la transferencia de información precisa desde el técnico y el administrador de la base de mantenimiento, hasta el analista de confiabilidad.

El contenido de esta información consta básicamente de lo que se ejecutó en observación directa y de lo que se hizo en la ejecución de una orden de trabajo significativa. La información a consignar en la OT se hace seleccionando en el Sistema de Administración, planificación de reparación de motores, hoja de retiro de materiales e insumos y registro o cierre de órdenes de trabajo. Las órdenes de trabajo se crean cuando el motor va a ingresar a reparación las cuales se le asigna a cada orden un solo motor y los técnicos que van a repararlo.

3.3.3.2 Conclusiones

Después de hacer el análisis de los factores críticos estudiados en el diagnóstico del proceso de reconstrucción de motores 3516 en la superintendencia de Reconstrucción se pudo comprobar que los ítems revisados de cada factor presentan oportunidades de mejora y generan ruido en el buen desarrollo de la reconstrucción de los motores. Con base en dicho análisis se planteará al socio del Benchmarking compartir información al respecto de los factores críticos de proceso y sus ítems tal cual como están listados a continuación en la tabla 27. Se espera determinar el estado del socio en esos ítems relevantes para determinar si hay diferencia con Carbones del Cerrejón y si es posible reproducirlos para mejorar el desempeño.

Factor crítico proceso	Tema reelvante
Producción	Ciclo de procesamiento
	Productividad
	Tiempos de espera
	Capacidad de producción
	Montacargas
Recursos Humanos	Fuerza laboral
	Competencias
Costos	Costos de mano de obra
	Costos de materiales
Características del producto	Calidad
	Confiabilidad
Sistemas de Información	Soporte planeación

Tabla 27. Temas de relevancia agrupados por factor crítico de proceso en el proceso de reconstrucción en Cerrejón

3.4 APLICACIÓN DE BENCHMARKING

Con anterioridad, en el numeral 2.4 del capítulo 2, se definieron los criterios y se seleccionó el método que se usaría para la aplicación del Benchmarking. Igualmente en el numeral 3.3.3 se documentó el análisis del diagnóstico realizado en la superintendencia donde se analizaron diferentes variables agrupadas en factores críticos de procesos que servirán como insumo para la realización del ejercicio de Benchmarking.

3.4.1 Determinación del alcance del Benchmarking

- El ejercicio de Benchmarking estará limitado al estudio del motor 3516 CAT
- El cliente principal de los resultados del ejercicio de Benchmarking es la gerencia de mantenimiento de Carbones del Cerrejón.

3.4.2 Identificar al socio del Benchmarking

La segunda etapa del proceso comprende la identificación de los socios del Benchmarking. Para la definición amplia de Michael J. Spendolini puede ser cualquiera organización que tenga información relacionada con la investigación del proyecto.

Uno de los temas comunes del benchmarking, es la búsqueda de actividades industriales y funcionales o de resultados que puedan considerarse como las mejores de su clase o los mejores del mundo, o que representen las mejores prácticas. La premisa básica del benchmarking es aprender algo de valor de alguien o de otro sitio. La meta de la mayoría de las actividades de benchmarking es aprender de los mejores.

Para la realización de este Benchmarking se ha seleccionado la empresa Relianz basado en el análisis de las siguientes premisas:

- La empresa Relianz S.A es la representante de fábrica y marca para Caterpillar por lo que es el único referente con el que se puede hacer sociedad en el Benchmarking.
- Relianz cumple con la totalidad de las especificaciones de reparación exigidas por Caterpillar como parte de su acuerdo de propiedad intelectual con la marca por lo que representa un socio con las mejores prácticas en Colombia.

- Relianz S.A. es una compañía con 24 años de experiencia en el sector de minería. Su fundación estuvo enlazada con el nacimiento de la minería a gran escala en La Guajira y en el Cesar.
- Desde su sede en Barranquilla, Relianz presta el servicio de mantenimiento y reconstrucción de componentes mayores convirtiéndose en el principal proveedor de estas partes para la minería en Colombia.
- La posición como representante de marca en Colombia le permite a Relianz contar con el apoyo técnico y toda la información sobre la reparación de los motores 3516, asimismo como la exigencia del cumplimiento de las pautas y guías de reconstrucción confirmando así que son el mejor socio para el desarrollo del Benchmarking.

3.4.3 Definición de los factores críticos de éxito FCE

En línea con el análisis del diagnóstico realizado se determina que los FCE del Benchmarking serán los ítems de relevancia definidos en el punto 3.3. Ver tabla 27. Dada la necesidad de evaluar realmente el impacto de cada uno de ellos se decidió abordarlos todos en la aplicación del modelo y seleccionar los de mayor impacto de acuerdo con la brecha que se encuentre y la facilidad de mejora en el plan a elaborar.

3.4.4 Recolección de la información

Este paso del estudio de benchmarking representa para muchos lo más importante del método porque involucra la parte dura del trabajo, donde se visita al socio y se cuenta con la información que se desea analizar, sin embargo para que sea una etapa fructífera es importante planificar bien tanto los tiempos como las herramientas con que se conseguirán los datos a comparar.

3.4.4.1 Herramientas para recopilación de información

Una vez ya se determinaron los FCE, se hace el contacto con el socio para proponer y seleccionar los métodos de recopilación de información a utilizar. De acuerdo con el libro Benchmarking escrito por Michael J Spendolini, autor referenciado en el marco teórico se cuenta con las siguientes herramientas:

- Entrevistas telefónicas
- Entrevistas personales / visitas de campo

- Encuestas
- Publicaciones / medios de comunicación
- Investigación de archivos

En la tabla 28a se puede apreciar el análisis de ventajas y desventajas de cada una de las anteriores herramientas:

	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Entrevistas telefónicas	<ul style="list-style-type: none"> *Fáciles de planear y de realizar *Permite ponerse en contacto con un gran número de recursos *Se pueden realizar casi en cualquier momento *Relativamente baratas 	<ul style="list-style-type: none"> *Las "llamada fría" pueden consumir mucho tiempo *Es difícil lograr que devuelvan las llamadas *Puede haber interrupciones *Es menos probable que la gente gaste mucho tiempo en el teléfono
Entrevistas personales / y visitas de campo	<ul style="list-style-type: none"> *Establecen relaciones personales y profesionales *Permiten más dedicación *Es probable que produzcan buena cantidad de información 	<ul style="list-style-type: none"> *Costosas (Costos de viajes) *Consumen tiempo *Puede haber dificultades de programación
Encuestas	<ul style="list-style-type: none"> *Se puede recopilar información de un universo extenso *Fáciles de estructura *Relativamente baratas *Es fácil transferir información para el análisis 	<ul style="list-style-type: none"> *Baja tasa de respuestas *Impersonales *Sin posibilidad de hacer preguntas de seguimiento *Cuestionable la validez de alguna información *Deben ser muy breves *Poca posibilidad de respuestas detalladas
Publicaciones / medios de comunicación	<ul style="list-style-type: none"> *De fácil recopilación/acceso *Variedad de recursos *Asistencia disponible de la fuente de datos *Recopilación poco costosa *Acceso público a la información *Grandes cantidades de información producida por muchos tipos de industria 	<ul style="list-style-type: none"> *Excesiva información en algunas industrias *Necesidad de validar fuentes/estadísticas *Muchas referencias obscuras *Podría consumir mucho tiempo *Es necesario traducir el material extranjero
Investigación en archivos	<ul style="list-style-type: none"> *De fácil recopilación *Recopilación poco costosa 	<ul style="list-style-type: none"> *Faltan datos *Datos deficientemente organizados *Se podría gastar mucho tiempo *Con frecuencia se limita al análisis interno

Tabla 28a. Ventajas y Desventajas de las herramientas de recopilación de datos para el benchmarking según libro *Benchmarking* de Spendolini. Fuente: Construcción propia basado en el libro *Benchmarking*, Michael J. Spendolini.

Para la selección de las herramientas en conjunto con el socio se tuvieron en cuenta los siguientes factores:

- Limitaciones de tiempo: la cantidad de tiempo disponible para este proyecto afecta el número de herramientas a usar y el número de fuentes a consultar. Por ejemplo programar y realizar entrevistas personales consume más tiempo que las entrevistas telefónicas.
- Limitaciones de recursos: la cantidad de personas y fondos disponibles para la recopilación de datos afecta los métodos a emplear. Para este proyecto específicamente la localización del socio en Barranquilla disminuye el costo asociado a la visita, sin embargo contar con solo dos personas para el desarrollo del proyecto limita el número de herramientas o fuentes a consultar.
- Experiencia: de acuerdo con ejercicios anteriores realizados hay ciertas herramientas como las entrevistas telefónicas y las visitas de campo que tienen mayor predilección por los buenos resultados que generan.
- Preferencia organizacional: los direccionamientos de la gerencia mostraron una mayor preferencia por la visita de campo y las entrevistas personales.

Con estas consideraciones y evaluando las ventajas y desventajas de las diferentes herramientas se definió siguiente estructura combinada de métodos de recopilación de datos. Ver tabla 28b

	Período de recolección de datos			Comentario
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	
Entrevista telefónica				Se mantendrá contacto continuo para aclaraciones
Encuestas / Formulario de preguntas				Formato enviado vía correo electrónico
Entrevista personal				Se revisarán detalles no contemplados en el formulario o información adicional requerida
Visita de campo				

Tabla 28b. Estructura combinada de herramientas para la recopilación de datos. Fuente: Construcción propia.

La estructura combinada seleccionada para hacer la recopilación de datos requirió de la planeación de cada herramienta:

- Entrevista telefónica: Se formularon preguntas preliminares en línea con los FCE definidos y se listaron en el formulario que se puede ver en el Anexo D. Para evacuar cada uno de los temas se programaron varias citas para entrevista telefónica que se realizaron a lo largo de dos semanas.
- Formulario con preguntas /encuesta: Se complementa la información obtenida a través de la entrevista telefónica con el envío y diligenciamiento del formato del Anexo D. Este archivo se envía durante la semana dos de la etapa de recopilación de información.
- Visita de campo y entrevista personal: por último y en la semana 3 de la fase d recopilación de información se programa una visita a las instalaciones del socio con el fin de conocer su proceso personalmente, determinar detalles de las cuestiones realizadas en la entrevistas telefónicas y las respuesta del formulario enviados.

3.4.4.2 Recolección de información

A continuación se hace un resumen con la descripción de la información cualitativa y cuantitativa recolectada con las herramientas definidas en el punto 3.4.4.1 agrupada en los conceptos que abarcan los FCE seleccionados:

3.4.4.2.1 Producción: Capacidad de producción, Productividad, Ciclo de procedimiento, Tiempos de espera, Herramientas: Menores, Montacargas, Puentegrúa

- En el taller de Relianz se reparan en promedio 8 motores mensuales, y al año 100. Dicha producción se realiza en 3 bahías de producción con un proceso parcialmente en serie. Su capacidad máxima es reparar hasta 10 motores mensuales. Al año se pueden reparar 120 aproximadamente.
- Repuestos: Todos los repuestos que se utilizan en la reconstrucción de un motor 3516 en Relianz utilizan repuestos originales Caterpillar que son importados a fábrica en Estados Unidos. Algunos repuestos pueden venir de otros proveedores a nivel mundial si llegase a tener un inventario cero la fábrica. En ningún caso se utilizan repuestos con otro origen que no certifique la parte original Caterpillar.

- **Descripción del proceso de reparación de motores 3516 en Relianz:** En el proceso de reparación de los motores 3516 se siguen los siguientes pasos que pueden verse resumidos en la Figura 23:

1. Los motores son recibidos en camiones con origen en los distintos clientes que tiene Relianz en la minas del norte de Colombia.
2. Una vez son desembarcados se crea una orden de trabajo que relaciona el serial, y el cliente. Dicha orden de trabajo es ingresada en el sistema ERP.
3. De acuerdo con la prioridad del cliente y la producción estimada se hace la programación del motor para ingreso a la bahía.
4. El motor es enviado a lavado donde se le remueve toda la suciedad que trae de la mina.
5. Se ingresa a desarme el motor. Las partes son almacenadas en canastas.

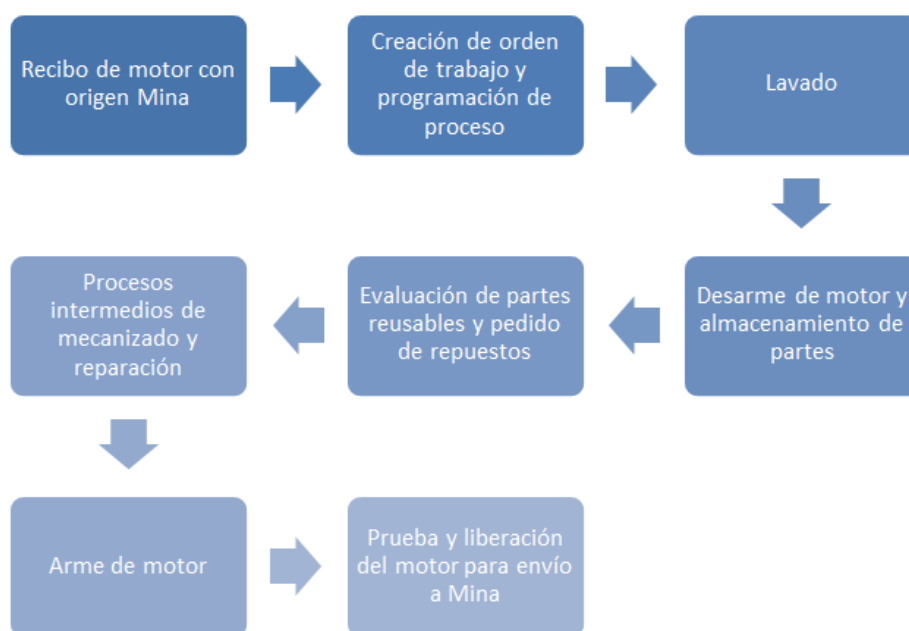


Figura 23. Diagrama de flujo del proceso de Reconstrucción de motores 3516 en Relianz

6. Las partes que se reúsan según el manual de CAT se envían a lavado. Y luego son almacenadas en la bodega de partes y repuestos. Otras partes como bloque o cigüeñal que requieren de rectificado se envían al área conocida como Machine Shop, en donde se encuentran máquinas CNC que restituyen las dimensiones o reducen de acuerdo con la necesidad específica.

7. De acuerdo con la revisión y análisis que se hace durante el desarme del motor se solicitan los repuestos al área encargada. En inventario se encuentran las partes de cambio rutinario y algunas de cambio poco frecuente. En caso de que se requiera de una parte que no se encuentra en las instalaciones, se hace un pedido a fábrica en Estados Unidos.
8. Cuando materiales ha confirmado la totalidad de los repuestos del motor a reparar y Machine Shop ha finalizado la intervención en las partes se programa el arme del motor.
9. En el arme del motor intervienen dos o grupos de trabajo. El personal con menos experiencia se encarga del arme de los subconjuntos o componentes menores, como culatas, líneas de potencia, bombas, turbos, portaaparatos delanteros y traseros. Otro grupo con mayor experiencia recibe de los primeros cada uno de los componentes y van armando el motor iniciando con el bloque y el cigüeñal. El recibo de los repuestos y componentes menores es llevado al grupo de trabajo y situado en los armarios alrededor de la estación de trabajo. Estos armarios tienen ruedas que permiten acercar los repuestos en la medida de lo necesario.
10. Una vez que se finaliza el arme del motor se hace una revisión de puntos clave por parte de un inspector de calidad. Esta persona es la responsable de liberar el motor de acuerdo con la lista de chequeo que lleva.
11. El motor liberado pasa a otro grupo de trabajo que se encarga de hacer la prueba en dinamómetro. En esta área se hace una comparación de la curva de potencia del motor reparado con la guía del fabricante Caterpillar.
12. Un inspector de calidad hace la revisión final del motor, verificando el cumplimiento en el dinamómetro y la presencia de fugas en el momento de la prueba.
13. El motor luego de salir de la prueba del dinamómetro es pintado con el color estándar de Caterpillar. Se agregan etiquetas y se pega información del cliente para despacho.
14. El motor es forrado con protectores plásticos y es transportado hasta el área de componentes para despacho.
15. Finalmente el motor es transportado hasta las instalaciones del cliente en la mina.

- Se utilizan en total 250 HH en la reconstrucción de un motor 3516 incluyendo desarme, arme, y prueba. El grupo de trabajo de desarme es variable pero se encuentra en el rango de 4-5 personas. Ver Figura 24.



Figura 24. Representación en actividades macro del tiempo usado en reconstrucción motor CAT 3516 en Relianz.

- El grupo de arme tiene dos equipos, el primero que se encarga del arme de los componentes menores y periféricos está compuesto de 3 personas, mientras que el segundo grupo encargado del arme del conjunto central y de agregar las partes finalizadas del primer grupo está compuesto por 2 personas.
- El ciclo promedio de reparación difiere según el cliente, el tipo de reparación y la prioridad de reparación. Generalmente cuando la prioridad es normal y el tipo de reparación es Flat Rate el ciclo de reparación es de 10 días calendario.
- La estructura del CRC (Centro de Reconstrucción de Caterpillar) tiene un gerente, 2 analistas, 2 planeadores, 2 programadores, y 25 técnicos para el proceso específico de reconstrucción de motores 3516.
- Herramientas: Para la reparación de los motores 3516 se utiliza el siguiente listado de equipos/herramientas:

	Cantidad	Capacidad
Puente grúa	1	35Ton
Grúa Radial	2	15 Ton
Montacargas	1	10 Ton
Herramientas de torque	5	-

Tabla 29. Listado de herramientas principales en estación de trabajo de reconstrucción motores 3516. Fuente: Elaboración propia basado en información de Relianz.

Las herramientas de torque son neumáticas, o hidráulicas y se encuentran dispuestas en cada estación de trabajo. El puente grúa y las grúas radiales utilizan mandos a distancia para su operación. Las máquinas utilizadas en el Machine Shop son CNC. Se utilizan computadores en cada estación de trabajo para el ingreso de la información de desarme, solicitud de repuestos y documentación del proceso.

- Componentes menores y accesorios: componentes menores y periféricos que la guía de reparación exige cambiar nuevos no son reparados. El resto de componentes es reparado dentro de las instalaciones de Relianz.
- Productividad de la mano de obra: La productividad de la mano de obra es cercana al 83%. Para los técnicos contratistas es cercana al 87% mientras que para los técnicos directos corresponde a 75%.

3.4.4.2.2 Recursos Humanos: Fuerza laboral, competencias

Con este tópico se quiere conocer sobre las estrategias de mano de obra, entrenamiento, motivación y liderazgo del personal que trabaja en la reparación de los motores CAT 3516 y adicionalmente el componente de entrenamiento y gestión del conocimiento.

- Tercerización de los servicios En el caso de los repuestos como ya se mencionó en el párrafo anterior no hay tercerización de los repuestos. En el caso de la mano de obra existen contratistas que desarrollan labores de desarme de los motores. De acuerdo con la producción estimada del mes de todos los componentes que se reparan en el CRC, se determina el número de contratistas a participar de la reparación. Es posible que en el caso de arme de componentes principales no participe ningún contratista, más sin embargo la mayoría de los desarme de componentes se realizan con mano de obra contratista.
- Reconocimientos: De acuerdo con las metas de producción y cumplimiento de los estándares de reparación se entregan beneficios económicos trimestralmente a los diferentes grupos de trabajo. La política busca que se mantengan o aumente los índices de productividad dentro de unos altos estándares de seguridad.

- **Entrenamiento de los técnicos:** Antes de que un técnico o contratista pueda hacer parte del proceso de reconstrucción debe seguir un entrenamiento con varios cursos que son dictados por personal previamente instruido por representantes de CAT. Cada modelo de componente, subcomponente y periférico es enseñado a desarmar y armar en pequeños grupos de trabajo. Cuando es finalizada esta etapa de entrenamiento los técnicos son certificados en niveles de acuerdo con su conocimiento y experiencia. Existe capacitación periódica y debe ser anual para validar y evaluar las competencias de los técnicos según el tipo de componente que reparan, en este caso los motores. Cada cierto tiempo se hacen actualizaciones o boletines informativos con origen en fábrica que requieren del entrenamiento inmediato de los técnicos. Dichos boletines pueden tener información sobre nuevas herramientas, repuestos con lotes afectados, cambios en el diseño, y otros tópicos de importancias que pueden afectar la calidad de la reconstrucción.

3.4.4.2.3 Costos: Costos de mano de obra, costos de materiales

Con respecto a este punto no se pudo validar mucha información con profundidad dado que hubo restricción en suministrar estos datos por parte del socio. La información relevante se concluye indirectamente del uso de la mano de obra y del origen de los materiales para la reconstrucción.

3.4.4.2.4 Sistemas de Información

Con este tópico se espera conocer el apoyo que brindan las tecnologías de información en la reparación de los motores CAT 3516 en Relianz.

- **Flujo de información en el SI:** Toda la información de trazabilidad, desarme, pedido de repuestos, cargue de labor, desarme, prueba y liberación se ingresa en el ERP SAP que utiliza Relianz. Por medio del software se hace la programación de los componentes, la medición de cumplimiento de tiempos, se hacen las aprobaciones de los repuestos y la aprobación de la nómina según las HH cargadas.

3.4.4.2.5 Características del producto: Calidad, Confiabilidad

Se miden indicadores de avance de la producción, de los tiempos usados en la reconstrucción. Estos constituyen los indicadores de calidad del proceso de reconstrucción.

- Garantías: Existe una garantía estándar para los componentes reparados en el CRC que es de 6000 hrs o 6 meses, lo que ocurra primero. Esta medición se lleva a partir de la instalación del motor en el equipo del cliente y se mide de acuerdo con el hodómetro del mencionado equipo. Si el motor llega a fallar dentro de ese período de tiempo es aceptado un requerimiento de garantía que después genera un proceso de desarme, evaluación y análisis en las instalaciones de Relianz.
- No hay sistema de gestión de calidad certificado por una entidad externa. Se siguen las guías de reconstrucción generadas por el fabricante Caterpillar
- Retrabajos: Se hace seguimiento a los retrabajos. El indicador ronda el 3%. De la totalidad de los motores que llegan al dinamómetro, el 3% presenta algún tipo de retraso por reparación o ajustes adicionales.
- Vida media: Este indicador varía de cliente a cliente porque cada uno de ellos tiene una operación distinta, altura diferente en los tajos y normas operacionales. Para el caso de Cerrejón la VM ronda las 9500 hrs.

3.5 ANÁLISIS

Con base en el análisis de la información cualitativa y cuantitativa que se recolectó en el socio se notan diferencias palpables en los procesos de reconstrucción en Cerrejón y Relianz tanto en las guías que se siguen como en el tipo de proceso de manufactura usado para la reparación. A continuación se muestra el análisis elaborado agrupado según FCE

3.5.1 Producción: Capacidad de producción, Productividad, Ciclo de procedimiento, Tiempos de espera, Herramientas: Menores, Montacargas, Puente grúa (Ver tabla 30)

- En cuanto al proceso de reconstrucción de motores 3516 la principal diferencia es el método de manufactura. Mientras que en Cerrejón el motor es reparado por un grupo pequeño de 2 a 3 personas que se encargan de todas las fases de la reconstrucción, en Relianz el grupo puede llegar a ser de 10 que se involucran en diferentes momentos del proceso. El tipo de reconstrucción es en serie, pues cada grupo de trabajo se dedica a una actividad distinta que está en secuencia. Este tipo de organización permite ser más ágiles en la reparación del motor que se puede entregar en 10 días calendarios mientras que en Cerrejón toma cerca de 35 días calendario.

- En Relianz se usa el mismo bloque, cigüeñal y todas las demás partes motor que se desarma para cuando se está reconstruyendo, lo que asegura una mejor trazabilidad y verificación de las horas que llevan dichos componentes instalados en el motor. En Cerrejón cuando se desarma el motor, aquellos repuestos que requieren maquinado son llevados al taller de máquinas herramientas por lo que se utilizan bloque, cigüeñal y otros componentes que están previamente finalizados y listos para usar, lo que permite ahorrar tiempo pero el proceso crea un motor con partes de otros motores que se repararon antes.

-En cuanto a la productividad de la mano de obra, Relianz cuenta con una productividad mayor al 80% mientras que en Cerrejón solo se cuenta con 60%, esto implica que un 20% de las HH son perdidos en comparación con la reconstrucción de un motor 3516 en Relianz. Ver Tabla 30

Factor crítico proceso	Producción
------------------------	------------

FCE	Unidades	Relianz	Cerrejón	Brecha
Capacidad de producción	Número	10	5	●
Ciclo de procesamiento	Días	10	35	●
Tiempo de reconstrucción	Horas	250	400	●
Tiempo de desarme de motor	Horas	90	130	●
Tiempo de lavado	Horas	10	20	●
Tiempo de arme de motor	Horas	150	220	●
Tiempo de instalación de perisféricos	Horas	30	62.5	●
Tiempo de instalación líneas de potencia	Horas	30	50	●
Tiempo calibración motor	Horas	4	10.5	●
Tiempo de prueba y alistamiento de motor	Horas	8	31.5	●
Herramientas	-	Similares	Similares	●
Calibración Herramientas	Período	Trimestral	Semestral	●
Cantidad de herramientas hidráulicas	% Técnico	1	1	●
Cantidad de montacargas	% bahía de trabajo	0.200	0.071	●
Cantidad de puente grúa	Bahías compartidas	5	6	●
Tiempo de espera por montacargas / puente grúa	Horas por motor	<2	>10	●
Grupo de trabajo en motor	Personas	>9	<3	●
Tipo de proceso reparación	Método	Serie	Centro de trabajo	●
Productividad mano de obra	%	80%	60%	●

Tabla 30. Principales diferencias en el FCE de producción. Fuente: Construcción propia

- Al revisar las herramientas menores usadas en ambas operaciones se concluye que no hay diferencia pues se usan incluso las mismas marcas.
- Sin embargo para el uso del montacargas que es un equipo fundamental en el movimiento de repuestos, partes, y traslados del motor en las diferentes fases de arme se encontró que en Relianz cuenta con un coordinador de montacargas que se encarga de recibir la programación de movimientos y asignación de los equipos. Esto permite dar prioridad y orden al uso de los montacargas impactando los tiempos muertos en espera.
- A diferencia de Cerrejón, en Relianz las herramientas de trabajo menores se encuentran en las bahías de trabajo dispuestas de acuerdo con el avance del componente en la disposición de arme en serie. Actualmente en Cerrejón existe una unidad conocida como Herramientería donde diariamente los técnicos se dirigen para solicitar en préstamo y devolver las herramientas que necesitan. Se encuentra una oportunidad de disminución de tiempos muertos en esta instancia de la reparación de los motores.
- Los repuestos que usa Relianz son originales de la fábrica de Caterpillar, requisito mandatorio con el cumplimiento del acuerdo de servicio que tienen las dos empresas, aunque existen terceros fabricantes originales de los repuestos que ofrecen la misma calidad y con un menor precio que pueden convertirse en una opción para Cerrejón que pueda disminuir el costo unitario total de reparación. Relianz también usa para ciertos casos componentes menores Reman con origen en Caterpillar que presentan un desempeño mayor a los reparados y similar a los nuevos pero con un precio menor, lo que impacta directamente el costo de sus reparaciones, este programa denominado Reman-Core está disponible para ser usado por Cerrejón en sus reparaciones internas.
- La reparación de los motores en Relianz tiene una duración de 250 HH mientras que en Cerrejón esta es de 400 HH, que tiene una relación con la diferencias en productividades en los talleres.
- El menor número de HH y la cantidad de personas que intervienen en la reparación permite que un motor pueda terminar todo el proceso en solo 10 días calendarios mientras que en Cerrejón el proceso tome 35 días.
- Los datos de tiempo de reparación de los motores 3516 muestran una brecha importante de productividad y tiempos en Cerrejón al compararla con Relianz, dichas diferencias se concentran

en la fase de arme de los motores y se acentúan en prueba y puesta a punto de motor (diferencia superior al 300%), la calibración (diferencia superior al 200%), y montaje de perisféricos (diferencia superior al 100%). El impacto de estas diferencias influye en el costo final de la reparación dado el menor número de HH que requiere para ser finalizado un motor en el proceso de Relianz.

- Para la última parte de la reparación que incluye la prueba del motor y liberación del mismo se encuentra en Relianz el uso de una metodología de KIT para cambio de motor en prueba. Esta metodología permite hacer cambios rápidos de un modelo de motor a otro disminuyendo los tiempos de preparación y ajuste de los aditamentos para prueba.

3.5.2 Recursos Humanos: Fuerza laboral, competencias

El personal que labora en Relianz es altamente calificado, se encuentra certificado por la casa matriz en Estados Unidos. Todos los técnicos cuentan con entrenamientos periódicos para asegurar el mantenimiento de las competencias y conocimientos CAT. Igualmente los técnicos de Relianz reciben información de boletines y actualizaciones tan pronto están disponibles, punto en el que Cerrejón no es tan rápida porque el taller no corresponde a las prioridades de Caterpillar que entrega la información a sus asociados primero. En la tabla 31, se puede ver un recuadro con un resumen de los datos más importantes tomados en el FCE de Recursos Humanos.





Factor crítico de proceso:		Recursos Humanos		
FCE	Unidades	Relianz	Cerrejón	Brecha
Entrenamiento en motores	Período	Trimestral	Anual	
Información boletines actualización	Período	Continuo	Esporádico	
Contratistas	%	40%	0%	
Reconocimiento	-	Asoc a prod	Ninguno	

Tabla 31. Principales diferencias en el FCE de Recursos Humanos. Fuente: Construcción propia

- La tercerización de la mano de obra se presente ampliamente en Relianz. De acuerdo a lo revisado en la visita se puede estimar que un 40% del personal en la planta hace parte de las empresas contratistas que prestan labor en Relianz. A diferencia de Cerrejón, en Relianz puede contratarse rápidamente contratistas de acuerdo con la demanda de componentes en un mes de modo que se puede balancear las HH requeridas en un mes.

3.5.3 Sistemas de Información

En este punto hay similitudes en el uso que se le da al ERP de la empresa para apoyar el proceso de reconstrucción de motores 3516. En entrevistas y revisado en la visita se pudo apreciar que la usabilidad del software es mayor a la que se le da en Cerrejón. Ver Tabla 32



Factor crítico de proceso:		Sistemas de Información		
FCE	Unidades	Relianz	Cerrejón	Brecha
Uso para planeación producción	N/A	SI	2500	
Usabilidad	%	70%	32%	

Tabla 32. Principales diferencias en Sistemas de información. Fuente: Construcción propia

- En el caso de Relianz la información que se recibe se digita inmediatamente en la orden de trabajo mientras que en Cerrejón gran parte de la información se recopila en un formato que es archivado y cuya información no es fácil acceder y tabular.
- En Relianz el software ERP sirve para programar y llevar el avance de la reconstrucción de cada motor mientras que en Cerrejón este proceso se lleva aparte y con el uso de hojas de cálculo en Excel.

3.5.4 Características del producto: Calidad, Confiabilidad





Factor crítico de proceso:	Características del producto			
FCE	Unidades	Relianz	Cerrejón	Brecha
Garantía de los motores	Horas	6000	2500	
Vida Media en operación Cerrejón	Horas	9,500	9,350	
Retrabajos despues de dinamómetro	%	7%	19%	
Motores removidos por debajo de garantía	%	2%	6.30%	

Tabla 33. Principales diferencias en características del producto. Fuente: Construcción propia

- A diferencia de Cerrejón, en Relianz no están certificados bajo la norma ISO9001. Se siguen normas específicas establecidas por el fabricante de los motores a través de guías de reparación originales Caterpillar.
- No existen indicadores de calidad diferentes de los que llevan en el taller, cada indicador es funcional y hace referencia al proceso de producción. En Cerrejón además de los indicadores de gestión se llevan unos indicadores de calidad que no tienen injerencia en la reparación y que además son poco revisados u objeto de seguimiento.
- El proceso de garantía de Relianz cubre hasta 6000 hrs mientras que el de Cerrejón va hasta 2500, lo que sugiere inicialmente que hay una mejor confiabilidad en el primero. En el caso de la VM del motor, el cumplimiento es muy parecido al de los motores reparados en Cerrejón cuya VM ronda los 9500 hrs. Ver Tabla 33.
- Se observa del rol de dos técnicos durante la reparación de motores que tienen las funciones de hacer verificaciones a las guías de reparabilidad y de inspeccionar el correcto proceder del arme del motor. Las personas en este rol tienen una experiencia mayor a los técnicos que hacen el proceso de reparación.
- Finalmente los retrabajos en el proceso de reconstrucción de motores 3516 en Relianz son cerca del 7%, mientras que en Cerrejón este indicador está cerca del 19%. Ver tabla 33.

3.5.5. Conclusiones

- La diferencia que se presenta entre el proceso de reconstrucción de Cerrejón y el de Relianz ofrece una oportunidad importante para plantear un plan de mejoramiento que permita a la minera reducir las brechas y mejorar la relación costo horario unitario.
- La asociación entre Relianz y Caterpillar obliga a la primera a cumplir con todos los requerimientos de calidad que sigue la empresa matriz en su fábrica de estados unidos por lo que en un análisis inicial podría indicar que hay cierta expectativa de un mejor rendimiento en un motor reparado en Relianz.
- En cada factor crítico de proceso se identificaron FCE con brechas entre el proceso de Reconstrucción y Relianz. Principalmente hay rezagos en los FCE relacionados con la producción del motor que apuntan al enfoque del plan de mejoramiento en ese sentido.
- Las diferencias y oportunidades provienen en algunos casos de observaciones de tipo cualitativo que han sido mencionadas en el análisis y en otros casos de diferencias cuantitativas que se tabularon en el los numerales 3.1-3.4.
- En el siguiente punto se plantean las recomendaciones que pretenden ayudar a reducir la brecha existente.

4. PLAN DE MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE REPARACIÓN DE MOTORES CAT 3516

En este capítulo se muestra la propuesta de plan de mejoramiento para la superintendencia de Reconstrucción basado en el análisis del ejercicio de Benchmarking realizado con Relianz. Dicho plan se desarrolla de acuerdo con los FCE seleccionados, con el impacto que podría generar la mejora en el proceso y con el tiempo de implementación que presenta cada uno de ellos.

4.1 DEFINICIÓN DE IMPACTOS Y PRIORIZACIÓN

Las oportunidades de mejora que se presentan al comparar la producción de componentes en Cerrejón contra la producción en Relianz abarcan varios puntos y sugiere la formulación de diferentes actividades en el plan de mejora. Sin embargo debe priorizarse a que actividades darle foco para obtener resultados rápidos que requieran menor cantidad de recursos. Se definieron los siguientes criterios para seleccionar la propuesta de acción de mejora que se muestra en el punto 4.2.

4.1.1 Impacto en el proceso

Cada una de las actividades del plan de mejora tienen un menor o mayor impacto en el proceso, sin embargo hay algunas que generan la mejora indirectamente o cuya implementación no destaca sobre la otras. Con este criterio se plantea darle prioridad a las actividades que generaran cambios que ayudan al cierre de la brecha encontrada en el Benchmarking.

Las actividades que se concentran en el proceso de reparación y en la calidad del proceso son las consideradas de mayor impacto dado que su implementación afecta directamente los costos y tiempos de la reparación total.

4.1.2 Tiempo de implementación

De primer orden de importancia es el tiempo de implementación que requiere cada actividad para ser llevada a cabo. Algunas actividades requieren de tiempos mayores a un año para mostrar

resultados mientras que otras solo necesitan de meses, pero dado la trascendencia de la actual crisis de precios del carbón se priorizan aquellas cuyo tiempo de implementación sea menor y permita demostrar a la gerencia cambios que cierren las brechas encontradas con el socio del benchmarking. Las actividades que requieren compras, disposiciones del proceso o cambios en la línea de producción son más rápidas de ejecutarse por lo que son priorizadas en el plan de mejoramiento.

4.1.3 Recursos requeridos

Dentro de la coyuntura de la crisis de precios del carbón, es de especial importancia priorizar las actividades del plan de mejora de acuerdo con los recursos que requieran para ser ejecutadas. Aquellas iniciativas que requieran de dinero o personal adicional serían aplazadas o alejadas de la prioridad porque su implementación aumenta en el corto plazo los costos unitarios de reparación del motor y exige recursos económicos que en la actualidad no están disponibles.

4.2 PROPUESTAS DE ACCIONES DE MEJORA

Para cada uno de los FCE se identificaron actividades de mejora que en su conjunto conforman el plan de mejoramiento. Se ilustra en la figura 25 el diagrama del proceso de construcción de una actividad de mejora del factor crítico de producción, FCE Montacargas:

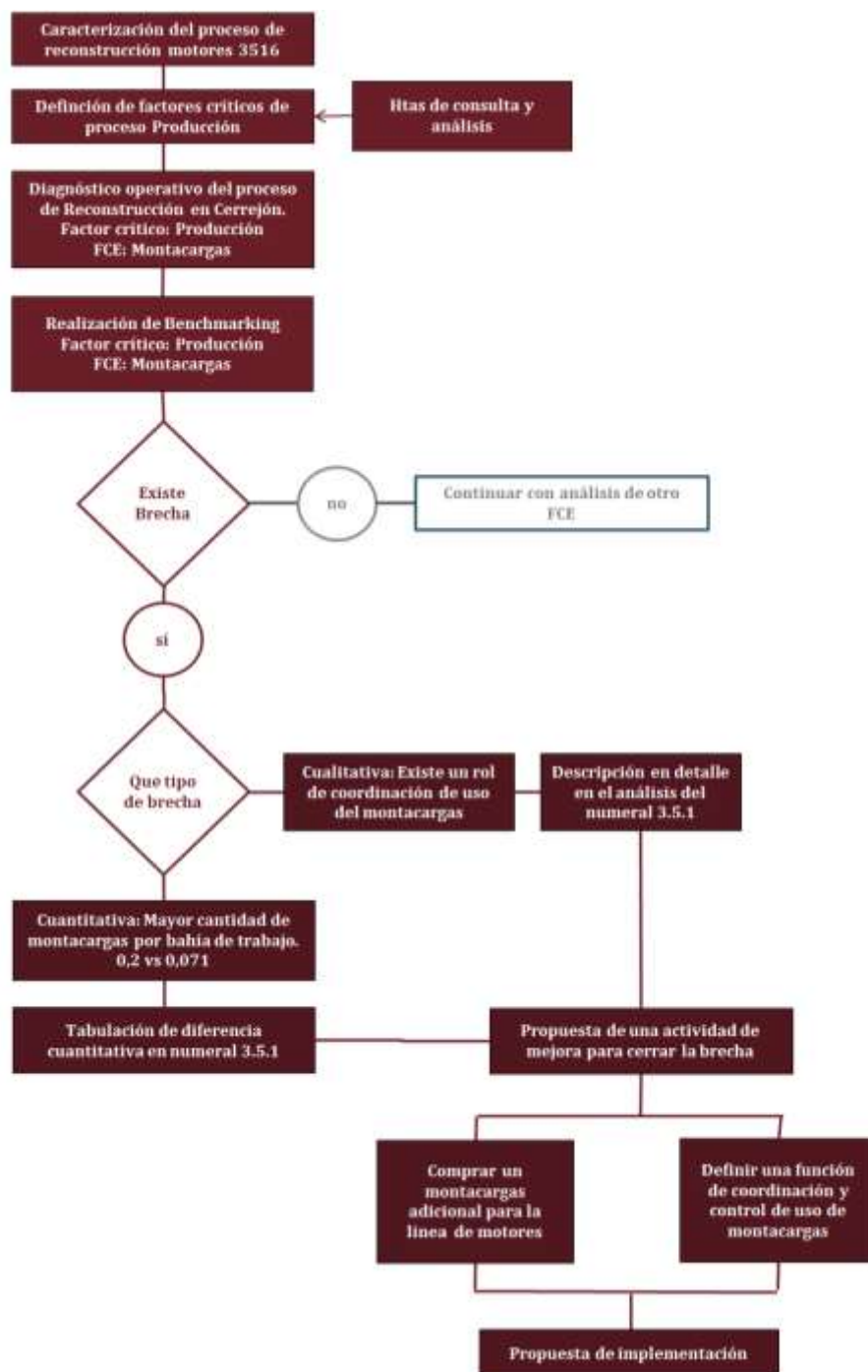


Figura 25. Diagrama del proceso de construcción de una actividad de mejora del factor crítico de producción, FCE Montacargas.

Para las siguientes actividades de mejora se siguió el mismo diagrama de proceso, a continuación se muestra el detalle de cada actividad, el objetivo específico que persigue, el responsable, la fecha de cumplimiento, un indicador medible, la unidad de medida, y el período de implementación. El formato final donde estarán las actividades de mejoramiento y que conforma el plan de mejora se pueden encontrar en el Anexo F.

4.2.1 Producción

A continuación se muestran las actividades de mejoramientos relacionados con el factor crítico de proceso:

a. En el taller de reconstrucción ya se había identificado que las demoras por montacargas representan pérdidas en el tiempo de la reconstrucción de los motores sin embargo, del estudio de benchmarking que se hizo en Relianz se encontró una gran brecha con su operación y al mismo tiempo se identificaron dos alternativas que pueden impactar positivamente las pérdidas de tiempo actual en la superintendencia que finalmente impactarán el costo unitario.

Actividad de mejoramiento	Definir una función de coordinación y control de uso de montacargas				
Objetivo	Disminuir los tiempos muertos asociados a la espera de montacargas				
Responsable	Supervisor de Taller motores				
Fecha de cumplimiento	1 mes a partir de inicio plan				
Indicador medible	% de disminución de tiempo espera por montacarga				
Unidad de medida	Porcentaje				
Período de revisión	Verificación mensual				
Tendencia	Descendente				
Rango de aceptación					
Sobresaliente	>50	Aceptable	30-50	NO CUMPLIDO	<30
Formula	(horas de demoras por montacarga antes de inicio de plan - horas de demoras por montacarga actual)/ (horas de demoras por montacarga antes de inicio de plan) x 100				

Tabla 34. Actividad de mejoramiento propuesta para el FCE montacargas. Fuente: Desarrollo

En la tabla 34 se encuentra la propuesta de creación de una posición de coordinación que mejore la programación y uso del montacargas durante la reconstrucción. Esta posición funcionará como

una base que dirigirá los operarios de montacargas hacia los movimientos con mayor prioridad y maximizará el tiempo de operación con movimientos de ida y regreso.

En la tabla 35 se encuentra la propuesta de compra de un montacargas adicional que permitirá cubrir vacíos de la operación y aplanar los picos de demanda del equipo.

Actividad de mejoramiento	Comprar un montacargas adicional para la línea de reconstrucción de motores				
Objetivo	Disminuir los tiempos muertos asociados a la espera de montacargas				
Responsable	Analista de Gestión Superintendencia de Reconstrucción				
Fecha de cumplimiento	3 mes a partir de inicio plan				
Indicador medible	% de disminución de tiempo espera por montacarga				
Unidad de medida	Porcentaje				
Período de revisión	Verificación mensual				
Tendencia	Descendente				
Rango de aceptación					
Sobresaliente	>50	Aceptable	30-50	NO CUMPLIDO	<30
Formula	(horas de demoras por montacarga antes de inicio de plan - horas de demoras por montacarga actual)/ (horas de demoras por montacarga antes de inicio de				

Tabla 35. Actividad de mejoramiento propuesta para el FCE montacargas. Fuente: Desarrollo

b. Los tiempos perdidos durante la reconstrucción de un motor 3516 se convierten en los principales costos extras cuando se revisa el costo de HH en el costo total. En puntos anteriores se han identificado actividades de mejora cuyo objetivo es disminuir la brecha de tiempos muertos en las diferentes fases del proceso de reconstrucción. En línea con la diferencia encontrada por el uso de herramientas se identificó que Relianz ha disminuido sus tiempos de reparación al tener dichos accesorios en los sitios donde se lleva a cabo el trabajo, evitando que los técnicos se desplacen para conseguirlos o devolverlos. Se propone plantear este método en Cerrejón, inicialmente con un piloto en una de las bahías de trabajo. Ver tabla 35.

Actividad de mejoramiento	Implementar piloto en una bahía de trabajo con herramientas propias				
Objetivo	Disminuir los tiempos muertos asociados a logística de herramientas				
Responsable	Supervisor de Taller motores				
Fecha de cumplimiento	1 mes a partir de inicio plan				
Indicador medible	% de disminución de tiempo de logística de herramientas				
Unidad de medida	Porcentaje				
Período de revisión	Verificación mensual				
Tendencia	Descendente				
Rango de aceptación					
Sobresaliente	>10 %	Aceptable	5-10 %	NO CUMPLIDO	<5
Formula	(horas de demoras por logística de herramientas antes del plan - horas de demoras por logística de herramientas actual)/ (horas de demoras por logística de herramientas antes del plan) x 100				

Tabla 36. Actividad de mejoramiento propuesta para factor crítico de proceso: producción, herramientas menores.

Fuente: Desarrollo

c. Durante el análisis de tiempo de los procesos de Relianz y Cerrejón se encontró que la brecha en los tiempos de prueba del dinamómetro del motor era del 300% a favor de Relianz. Tras un análisis y visita al área de Relianz se identificó que el socio del Benchmarking estandarizó en módulos los accesorios que requiere cada modelo de motor para la prueba lo que se traduce en una disminución de las HH cuando se hacen los cambios de un motor a otro. En este tópico se propone imitar esta metodología en Cerrejón mediante una actividad de mejora que se observa en la tabla 37. Se espera reducir el tiempo de prueba cerca de 50% con esta iniciativa.

Actividad de mejoramiento	Implementar el uso de módulos o KITS independientes para cada modelo de motor en el dinamometro				
Objetivo	Disminuir los tiempos de recambio y preparación entre un motor y otro				
Responsable	Supervisor de Taller motores				
Fecha de cumplimiento	3 meses a partir de inicio de plan				
Indicador medible	Disminución Tiempo de prueba y alistamiento de motor				
Unidad de medida	% Horas				
Período de revisión	Verificación mensual				
Tendencia	Descendente				
Rango de aceptación					
Sobresaliente	>50%	Aceptable	20-40 %	NO CUMPLIDO	<20%
Formula	(Tiempo de prueba a inicio de plan - tiempo de prueba actual)/Tiempo de prueba inicio de plan				

Tabla 37. Actividad de mejoramiento propuesta para el factor crítico de producción. Fuente: Desarrollo

d. Adicionalmente a los FCE estudiados se encontraron otros puntos importantes para revisar y proponer mejoras en el factor crítico de producción como el análisis de la información y verificación con la visita a las instalaciones de Relianz se identificó que hay una oportunidad en la reducción de costos en la reconstrucción del motor 3516 mediante el uso de partes originales sin intermediación del fabricante del motor CAT. Dichas partes con origen de manufactura son usadas por CAT en la fabricación del equipo pero también están disponibles en el mercado para terceros como es el caso de Cerrejón. La compra de este tipo de repuestos permitirá ahorros asociados al margen de ganancia del fabricante y se estima que su potencial puede disminuir los costos de reconstrucción en 10%. Se propone una actividad de mejora para avanzar en esta oportunidad. Ver tabla 38.

Actividad de mejoramiento	Identificar las partes originales de manufactura y comprarlas en vez de partes originales de equipo				
Objetivo	Disminuir los costos totales de reparación				
Responsable	Analista de Gestión Superintendencia de Reconstrucción				
Fecha de cumplimiento	3 meses a partir de inicio de plan				
Indicador medible	% disminución de costo unitario de reparación				
Unidad de medida	Porcentaje				
Período de revisión	Verificación mensual				
Tendencia	Descendente				
Rango de aceptación					
Sobresaliente	>10 %	Aceptable	5-10 %	NO CUMPLIDO	<5
Formula	(costo unitario inicio plan / costo unitario actual)*100 Costo unitario: (costos de repuestos usados en reparación + costos de HH)				

Tabla 38. Actividad de mejoramiento propuesta para el factor crítico de producción, tópico materiales. Fuente: Desarrollo

4.2.2 Recursos Humanos

A continuación se muestran las actividades de mejoramientos relacionados con el factor crítico de proceso: Recursos Humanos:

a. La información técnica es fundamental en la calidad de la reconstrucción de los motores 3516 por lo que de los hallazgos en este aspecto se requiere reforzar el entrenamiento y difusión de los boletines técnicos de CAT en cuanto a la serie de motor 3516. En la tabla 39 y 40 se plantean actividades para cerrar la brecha encontrada con Relianz.

Actividad de mejoramiento	Implementar un plan de entrenamiento de actualización semestral con preparador certificado.				
Objetivo	Disminuir los errorer de calidad por desconocimiento técnico				
Responsable	Supervisor de Taller motores				
Fecha de cumplimiento	3 meses a partir de inicio de plan				
Indicador medible	% de técnicos certificados				
Unidad de medida	Porcentaje				
Período de revisión	Verificación trimestral				
Tendencia	Ascendente				
Rango de aceptación					
Sobresaliente	>90	Aceptable	80-90	NO CUMPLIDO	<80
Formula	(N° de técnicos certificados)/ (N° total de técnicos) x 100				

Tabla 39. Actividad de mejoramiento propuesta para el FCE Competencias. Fuente: Desarrollo

Actividad de mejoramiento	Búsqueda y difusión de boletines de servicio CAT				
Objetivo	Disminuir los errorer de calidad por desconocimiento técnico				
Responsable	Supervisor de Taller motores				
Fecha de cumplimiento	3 meses a partir de inicio de plan				
Indicador medible	% de técnicos informados				
Unidad de medida	Porcentaje				
Período de revisión	Verificación trimestral				
Tendencia	Ascendente				
Rango de aceptación					
Sobresaliente	>90	Aceptable	80-90	NO CUMPLIDO	<80
Formula	(N° de técnicos certificados)/ (N° total de técnicos) x 100				

Tabla 40. Actividad de mejoramiento propuesta para el FCE Competencias. Fuente: Desarrollo

b. Implementar piloto para subcontratar desarme de motor: De acuerdo a la brecha observada hay una oportunidad importante en la disminución del costo total de reparación y de aumento de la productividad si se propone la contratación de mano de obra contratista para la primera parte del proceso que es el desarme de los motores. Tener un personal dedicado al desarme permitirá mayor flexibilidad al proceso y ayudará a enfocar la mano de obra especializada en labores de mayor importancia como el arme, la inspección y prueba de los motores. Ver tabla 41.

Actividad de mejoramiento	Implementar piloto para subcontratar desarme de motor				
Objetivo	Disminuir los costos totales de reparación y mejorar la productividad total				
Responsable	Analista de Gestión Superintendencia de Reconstrucción				
Fecha de cumplimiento	2 meses a partir de inicio de plan				
Indicador medible	Disminución de costo unitario de reconstrucción				
Unidad de medida	Dolares				
Período de revisión	Verificación mensual				
Tendencia	Descendente				
Rango de aceptación					
Sobresaliente	>10 KUSD	Aceptable	5-10 KUSD	NO CUMPLIDO	<5KUSD
Formula	(costo unitario inicio plan - costo unitario actual) Costo unitario: (costos de repuestos usados en reparación + costos de HH)				

Tabla 41. Actividad de mejoramiento propuesta para el factor crítico de proceso Producción, FCE: fuerza laboral.

Fuente: Desarrollo

c. Durante la identificación de los FCE realizado en el capítulo 3 se filtró el punto de reconocimientos, sin embargo en las actividades de entrevista en las que se involucró personal técnico se mencionó en varias ocasiones los incentivos que recibían los trabajadores por el cumplimiento o mejora de las metas de producción de motores en Relianz. El ambiente laboral productivo es mayor en Relianz gracias a los incentivos económicos y es señalado por los supervisores como clave en la consecución de las metas mensuales y anuales. Se propone crear un mecanismo de incentivos proporcional con el cumplimiento o aumento de la producción de los motores en la superintendencia para generar una ambiente de productividad similar al socio. Ver tabla 42.

Actividad de mejoramiento	Crear un mecanismo de incentivos proporcional a la aumento de la producción de motores				
Objetivo	Aumentar la productividad de la sección de motores				
Responsable	Supervisor de Taller motores				
Fecha de cumplimiento	3 meses a partir de inicio de plan				
Indicador medible	% de aumento de producción de motores				
Unidad de medida	Porcentaje				
Período de revisión	Verificación mensual				
Tendencia	Ascendente				
Rango de aceptación					
Sobresaliente	>10 %	Aceptable	5-10 %	NO CUMPLIDO	<5%
Formula	(Cantidad de motores reparados antes de plan - Cantidad de motores reparados actualmente)/ (Cantidad de motores reparados antes de plan) *100				

Tabla 42. Actividad de mejoramiento propuesta para el factor crítico de proceso Recursos Humanos, tópico reconocimiento. Fuente: Desarrollo

4.2.3 Sistemas de Información

A continuación se muestran las actividades de mejoramientos relacionados con Sistemas de Información:

a. Las ayudas tecnológicas son claves para los sistemas de producción actuales. La revolución actual de las TI ha aumentado la productividad de todos los procesos moldeándolos a su máxima capacidad. Dichas herramientas requieren de un intenso y correcto uso para potenciar la producción. En la comparación que se hizo con Relianz se encontró que la planeación, programación, seguimiento y trazabilidad de los motores reconstruidos está soportada por un sistema de información robusto con mucha usabilidad mientras que en Cerrejón a pesar de tener un ERP de primera categoría no se le da el uso correcto generando una brecha que impacta la calidad, tiempos de reparación de los motores. Se proponen dos actividades de mejoramientos relacionadas con el ERP Ellipse usado en Cerrejón:

- Con el acompañamiento de un asesor del ERP se plantea el uso de un módulo existente y no usado que ayude en las operaciones de manufactura que se acopla más a los procesos que se hacen en la reconstrucción del motor 3516: definición de pedidos, imprevistos, avance de producción, estimados de entrega. Ver tabla 43.
- Igual que el anterior punto se requiere de asesoría para darle mayor usabilidad al módulo de programación y planeación en el proceso de reconstrucción de motores 3516. Se espera tener

mayor efectividad en el avance de la producción si se planea consecuentemente con la oportunidad, HH y repuestos disponibles. Ver tabla 43.

Actividad de mejoramiento	Iniciar uso de módulo de ERP Ellipse orientado a manufactura				
Objetivo	Aumentar la usabilidad del ERP para hacer trazabilidad de los motores reparados				
Responsable	Analista de Gestión Superintendencia de Reconstrucción				
Fecha de cumplimiento	3 meses a partir de inicio de plan				
Indicador medible	% usabilidad de módulo manufactura ERP Ellipse				
Unidad de medida	Porcentaje				
Período de revisión	Verificación mensual				
Tendencia	Ascendente				
Rango de aceptación					
Sobresaliente	>85 %	Aceptable	70-85 %	NO CUMPLIDO	<70 %
Formula	(OT con información en el módulo de manufactura ERP Ellipse/OT totales de reparación)*100				

Tabla 43. Actividad de mejoramiento propuesta para el factor crítico de proceso Sistemas de información. Fuente: Desarrollo

Actividad de mejoramiento	Iniciar uso de módulo de ERP Ellipse de programación y planeación				
Objetivo	Aumentar la usabilidad del ERP para mejorar la programación y avance de reparación				
Responsable	Analista de Gestión Superintendencia de Reconstrucción				
Fecha de cumplimiento	3 meses a partir de inicio de plan				
Indicador medible	% usabilidad de módulo planeación ERP Ellipse				
Unidad de medida	Porcentaje				
Período de revisión	Verificación mensual				
Tendencia	Ascendente				
Rango de aceptación					
Sobresaliente	>85 %	Aceptable	70-85 %	NO CUMPLIDO	<70 %
Formula	(OT con información en el módulo de planeación ERP Ellipse/OT totales de reparación)*100				

Tabla 44. Actividad de mejoramiento propuesta para el factor crítico de proceso Sistemas de información. Fuente: Desarrollo

4.2.4 Características del producto

A continuación se muestran las actividades de mejoramientos relacionados con el FCE de Calidad:

a. En la superintendencia de reconstrucción se implementó desde el año 2000 la certificación en ISO9001 para asegurar los requisitos de calidad de la reparación de los motores 3516 y mejorar el desempeño de los motores con una mejor vida media de remoción. La filosofía de esta certificación empodera a cada empleado en ser autónomo y líder de calidad en sus pasos en el proceso de reparación por lo que en el caso de Cerrejón se desestimuló el rol de un inspector que verificara las tareas de los técnicos. Como resultado del benchmarking se validó que en Relianz existen dos puntos de inspección en el arme del motor que evitan que algunos errores pasen al siguiente paso, uno en el avance del 50% del arme del motor y otro antes del inicio de la prueba del dinamómetro. Se propone replicar estos puntos de inspección durante el proceso de reconstrucción de motores en Cerrejón para disminuir los tiempos muertos en retrabajo, y los gastos en material asociados a los daños eventuales antes de la liberación del motor que generan sobre costos en el costo unitario total. Ver tabla 45.

Actividad de mejoramiento	Implementar dos puntos de inspección en el arme de motor: 50% de arme de motor y antes de inicio de prueba en dinamómetro				
Objetivo	Disminuir los retrabajos y fallos por calidad en el arme				
Responsable	Analista de Gestión Superintendencia de Reconstrucción				
Fecha de cumplimiento	3 meses a partir de inicio de plan				
Indicador medible	% retrabajo				
Unidad de medida	Porcentaje				
Período de revisión	Verificación mensual				
Tendencia	Descendente				
Rango de aceptación					
Sobresaliente	<5%	Aceptable	5-10 %	NO CUMPLIDO	>10 %
Formula	(motores con retrabajo en dinamómetro / total motores reparados)*100				

Tabla 45. Actividad de mejoramiento propuesta para el factor crítico de proceso Sistemas de información. Fuente: Desarrollo

4.2.5 Conclusiones

- Los factores críticos de procesos y sus FCE fueron claves para enfocar el ejercicio en los puntos clave de falencia en el taller de Reconstrucción
- Aunque los FCE ayudaron a identificar las principales brechas también se encontraron oportunidades en otras áreas que dieron pie a propuesta de actividades de mejora.

- Se plantean en total 12 actividades de mejora que dan forma al plan de mejoramiento propuesto en este proyecto cuyo entregable se entregará a la gerencia en el formato del Anexo F.
- El involucramiento de todo el personal en la superintendencia de reconstrucción es clave para llevar a cabo el desarrollo del plan, se requiere del compromiso de la gerencia con la aprobación de recursos y endosos para proceder.
- El supervisor y los técnicos de reconstrucción deben comprometerse para que en el piso sucedan los cambios de impacto que cerrarán las brechas encontradas con Relianz.
- En el siguiente punto se hace una propuesta de implementación para presentar al cliente del Benchmarking haciendo un cálculo de los costos que se requieren para impulsar las actividades que requieren una inversión.

4.3 PROPUESTA DE PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

4.3.1 Etapas de implementación

En este paso se lleva a la práctica todos los planes de mejoramiento desarrollados, en donde se involucra la participación del personal del área de reconstrucción de motores 3516. A continuación se describen las etapas para el proceso de implementación:



Figura 26. Etapas de implementación. Fuente: construcción propia.

- Confeccionar el programa para la implementación de soluciones:** Se establece el cronograma con las fechas a implementar las actividades propias de cada plan de mejoramiento.
- Tratamiento a la resistencia al cambio:** Se explicaran al personal, por parte del area de rescostruccion, los cambios que tendran lugar según el plan de mejora, los beneficios o resultados que se esperan para el beneficio de la organización.

c. Evaluacion de costos de implementacion: Este punto hace referecia a los costos de la implementacion de las mejras propuesta o establecidas en el proyecto, es decir, la estimacion de cual es el valor a costo para la empresa implementar las mejoras, ademas, este ítems servirá de base para establecer el margen de utilidad de la propuesta una vez se tenga el beneficio operativo del proyecto.

d. Implementar soluciones: llevar a la practica las actividades descritas en los plenes de mejoramiento, esto involucra a todo el personal del area de rescostruccion de motores.

4.3.2 Cronograma de implementación de actividades del plan de mejora

FCE	¿ Que?	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Para?	¿ Como?	Seguimiento
Producción Montacargas	Definir una función de coordinación montacargas	Superviso r Taller Motores	Septiembr e 2017	Disminuir los tiempos muertos asociados a la espera de montacargas	Con un rol de coordinación se mejora el uso de montacargas	Mensual
Producción Montacargas	Comprar un montacargas adicional	Analista de Gestión	Noviembr e 2017	Disminuir los tiempos muertos asociados a la espera de montacargas	Hacer los movimientos pendientes de montacarga	Mensual
Producción: Herramientas	Implementar un piloto en una bahía de trabajo con herramientas propias	Superviso r de Taller motores	Septiembr e 2017	Disminuir los tiempos muertos asociados a logística de herramientas	Evitando desplazamient o innecesario de los técnicos	Mensual
Producción	Implementar el uso de KITS independ para cada modelo de motor en el dinamómetro	Supervisor de taller motores	Noviembr e de 2017	Disminuir los tiempos de recambio y preparación entre un motor y otro	Teniendo listo parte del proceso de prueba se ahorra tiempo	Mensual

Sistema de informacion	Iniciar el uso modulo de ERP Ellipse orientado a Manufactura	Analista de gestion	Noviembre 2017	Aumentar la usabilidad del ERP para hacer trazabilidad de los motores	Capacitacion al personal programador en modulo de produccion ERP Ellipse	
Sistema de informacion	Iniciar el uso modulo de ERP Ellipse orientado a produccion y programacion	Analista de gestion	Noviembre 2017	Aumentar usabilidad del ERP para mejorar la programacion y avance de reparacion	Capcitacion al personal programador en modulo de produccion ERP Ellipse	
Recursos humanos	Implementar un plan de entrenamiento semestral actualizacion	Supervisor de taller	Noviembre 2017	Disminuir los errores de calidad por desconocimiento tecnico	Capcitacion al personal por grupos y secciones	Trimestral
Recursos humanos	Busqueda y difucion de boletines de servicios CAT.	Supervisor de taller	Octubre 2017	Disminuir los errores de calidad por desconocimiento tecnico	Contactar al proveedor para adquisicion de boletines	Trimestral
Recursos humanos	Crear un mecanismo de incentivos proporcional al aumento de la produccion de motores	Supervisor de taller	Noviembre 2017	Aumento de la productividad en al seccion de motores	Evaluar salarios de tecnicos y determinar incentivo monetario por productividad año 2016-2017 y meta año 2018.	Mensual

FCE	¿ Que?	¿Quién?	¿Cuando?	¿Para?	¿ Como?	Seguimiento
Recursos Humanos	Implementar piloto para subcontratar desarme del motor	Analista de gestion	Octubre de 2017	Mejorar la productividad y los costos de reparacion	Selección de tercerizacion	Mensual
Producción Costos	Identificar respuestos originles en ves de partes del equipo	Analista de gestion	Septiembre de 2017	Disminuir los costos totales de reparacion	Cotizar proveedores costo de repuestos y no equipos.	Mensual
Características del producto	Implementar dos puntos de inspeccion en el arme de motor 50% y antes prueba dinamometro	Analista de gestion	Septiembre 2017	Disminuir los retrabajos y fallos por calidad de arme.	Incluir en lista de chequeo y cominicar via memorando al personal de calidad	Mensual

Tabla 46. Cronograma de implementación de los factores críticos de éxito. Fuente: construcción propia a partir de mejoras de calidad de procesos de EMPREX S.A. Toranzo, F. (2007)

4.3.3 Costos de implementación propuesta para los procesos de mejora.

Alguno de las actividades dentro del plan de mejora requiere de una inversión en dinero para poder dar como resultado el cierre de la brecha y mejora del proceso de reconstrucción de motores. A continuación se listan los costos de dichas iniciativas y más adelante se muestra la evaluación económica de la inversión:

Propuesta de mejora	Ítem	Valor unitario	Cantidad requerida	Costo total
Definir una funcion de coordinación y control de uso del montacarga	Coordinación	USD 4.000	1 / año	USD 4.000
Comprar montacarga adicional para la linea de reconstruccion de	Montacargas	USD 25.000	1/año	USD 35.000

motores	5Ton			
Implementar piloto en una bahia de trabajo con herramientas propias	Herramientas	UDS 15.000	1/año	USD 25.000
Implementar el uso de modulos o KITS independientes para cada modelo de motor en el dinamometro	KIT	USD 3.000	1/año	USD 6.000
Iniciar el uso modulo de ERP Ellipse orientado a Manufactura	ERP Manufactura	USD 15.000	1/año	USD 15.000
Implementar un plan de entrenamiento trimestral actualizacion	Entrenamiento	USD \$12.000	1/año	USD \$12.000
Crear un mecanismo de incentivos proporcional al aumento de la produccion de motores	Incentivos	USD 5.000	1/año	USD \$5.000
Implementar piloto para subcontratar desarmen del motor	Subcontratación	USD 15.000	0,5 /Año	USD 15.000
Implementar dos puntos de inspeccion en el arme de motor 50% y antes prueba dinamo.	Inspección	USD 3.000	0,5 /Año	USD 6.000
			TOTAL USD	123.000

Tabla 47. Resumen de costos de implementación actividades de mejora de los factores críticos de éxito. Fuente: construcción propia

4.3.4 Evaluación de costos de implementación

Con la implementación de las actividades de mejora que reducen los tiempos muertos se conseguiría reducir en 40 hrs el tiempo de reconstrucción del motor que generaría un total de 2000 hrs disponibles al año, lo que permitiría aumentar la producción de los motores anualmente en un porcentaje de 10%. Con base en este supuesto se realiza el siguiente análisis financiero para un período de 10 años con los siguientes valores económicos:

Datos de evaluación	Valor
Producción motores actual anual	50
Porcentaje de mejora al implementar plan	10%
Producción Incremental (Absoluta)	5
Precio de compra motor 3516 Relianz	250,000
Costo de reconstrucción motor 3516 Cerrejón	200,000
Margen de Contribución Unitario MCU (%)	20%
Ahorro por producir motor en Reconstrucción	50,000
Ingresos Totales	250,000
Inversión Total	123,000
Inversión 1: Coordinación montacargas	4,000
Inversión 2: Compra de un montacargas	35,000
Inversión 3: Piloto de herramientas en bahías	25,000
Inversión 4: Uso de KITS en dinamómetro	6,000
Inversión 5: Aumento usabilidad ERP	15,000
Inversión 6: Mejora en entrenamientos anuales	12,000
Inversión 7: Incentivo por aumento producción motores	5,000
Inversión 8: Piloto para subcontratar desarme	15,000
Inversión 9: Puntos de inspección en reconstrucción	6,000
Depreciación Tangible (Anual Lineal x 10 años)	3,500
Depreciación Intangible (Anual Lineal x 10 años)	2,500

Otras Variables	Valor
Año de Inversión	2017
Tipo Depreciación	Línea Recta
Tasa Impuesto de Renta	33%
Inflación	7%
CCPP (Carbones del Cerrejón)	30%

TIR	155.08%
CCPP	30.00%
Valor del proyecto	682,705
Inversión Inicial	(123,000)
VPN	559,705
TIRM	54.30%
Costo anual equivalente	(181,044)
VPN Ingresos	931,855
Total Costos	(357,002)
VPN proyecto	574,853

Tabla 48. a) b) c) Variables y resultados de la evaluación financiera del plan de implementación

Como se puede observar en la tabla 48 la TIR de la propuesta de implementación es de 155% con un período de 10 años y el VPN es de 559 KUSD, lo que hace muy atractivo la inversión en el plan de mejoras planteado. Es importante aclarar que aún podría sumarse el impacto por ahorros de costos y mejora productividad de otras iniciativas.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se muestran las conclusiones finales del proyecto, cuáles fueron los principales hallazgos, los resultados teniendo en cuenta los objetivos definidos en el capítulo uno, se establecen algunas recomendaciones y se plantean algunas alternativas para investigación y profundización futura para mejorar el desempeño y la gestión de la reconstrucción de motores diesel u otros componentes en la Superintendencia de Reconstrucción en Carbones del Cerrejón

5.1 PRINCIPALES HALLAZGOS

Durante la realización del proyecto se evidenció lo siguiente:

- La metodología de Benchmarking fue apropiada para la identificación de las oportunidades en los proceso de reconstrucción de motores 3516 CAT. Se muestra como una herramienta de gestión de primera línea para la mejora de los procesos.
- Los planteamientos FCE permitieron seleccionar la información de los tópicos más importantes de modo que se enfocara la recolección de información.
- El apoyo del socio del Benchmarking es fundamental para realizar un ejercicio provechoso.
- El uso de repuestos comprados al fabricante original permite abaratar la operación de reconstrucción, al igual que las compras al por mayor directamente al fabricante, por tanto es una estrategia que debe mantenerse para la competitividad de la reparación del motor frente a la competencia.
- La productividad en el taller de Reconstrucción junto a las inspecciones de calidad se muestran como las brechas de mayor impacto y trabajo encontradas en el ejercicio de Benchmarking.
- En general el proceso de reconstrucción de motores diesel CAT 3516 llevado a cabo en Relianz y en Cerrejón es similar en cuanto están basados en las guías de reparación del fabricante Caterpillar, sin embargo la actualización de dichas guías y las autoevaluaciones periódicas son requeridas para mantener una similitud en el proceso y resultado de las reconstrucciones.

- La inversión requerida para la implementación de las actividades del plan de mejora que requieren de una inversión son fácilmente pagables gracias al impacto de las mismas y el ahorro generado

5.2 RESULTADOS POR OBJETIVOS

Los resultados obtenidos durante la realización del proyecto de acuerdo a los objetivos planteados fueron:

- Durante la realización del proyecto se pudo realizar un diagnóstico operativo en la superintendencia de Reconstrucción que permitió identificar el estado actual de la misma, así como las oportunidades de mejora y que permitieron perfilar el estudio del Benchmarking a la hora de solicitar información al socio.
- Durante la realización del ejercicio de Benchmarking se seleccionaron y diseñaron las herramientas para aplicar la metodología, en donde se decidió hacer una mezcla de varias con el fin de tener una información completa de todos los FCE identificados.
- En la etapa de análisis de los resultados del Benchmarking se identificaron los indicadores claves que permitirán medir la mejora del desempeño del taller de reconstrucción de componentes una vez sean llevado a cabo el plan de actividades sugerido.
- Finalmente en el capítulo cuatro se planteó el diseño del plan de actividades e indicadores que tiene como objetivo principal este proyecto

5.3 RECOMENDACIONES

- Los planes de mejora como los indicadores que se planten en este proyecto corresponden a una análisis establecido con un socio regional que representa el mejor ejemplo y la referencia de estándar sin embargo puede haber un tercero a nivel internacional cuyo proceso pudiera tener un mejor desempeño por lo que no sería comparable con este proyecto.

- Es de trascendental importancia que el plan de mejora que se propone en este proyecto sea validado por la gerencia y que su revisión periódica sea de acuerdo a lo establecido de modo que se pueda impactar de forma positiva el proceso de Reconstrucción de componentes.
- Se recomienda buscar una negociación directa con el fabricante de los motores para que la información técnica que corresponde a actualizaciones pueda ser entregada a la superintendencia y no se presenten rezagos en el proceso de reparación de motores 3516. Esto es igualmente válido para los entrenamientos certificados que entrega el fabricante.
- Plantear la posibilidad de reconstruir los motores CAT 3516 con un personal conformado parcialmente por contratistas que brinde flexibilidad y productividad al proceso.
- Evaluar el modo de reconstrucción de motores: La especialización y participación de diferentes grupos de trabajo permiten un avance en serie sobre el motor mejorando la productividad y el costo de la reparación. Se debe revisar las competencias técnicas de los empleados en Cerrejón para evaluar la especialización.
- En cuanto al sistema de información hay una oportunidad para mejorar la usabilidad en Cerrejón para que se pueda tener toda la información concerniente a la reparación de una vez que el motor esté siendo reparado. Para ello se requiere de la utilización de computadores en cada estación de trabajo. También debe revisarse el uso de módulos adicionales en Ellipse que permitan la programación de la producción y el seguimiento de la misma.

5.4 LÍNEAS FUTURAS

Para complementar el proyecto e identificar con más detalle las oportunidades que se encuentran se pueden desarrollar los siguientes puntos:

- Implementación del plan de mejoramiento propuesto en el capítulo cuatro en la Superintendencia de Reconstrucción.
- Usar la herramienta de gestión Benchmarking para hacer una comparación en el proceso de reconstrucción en otros componentes de alto impacto como se señalaron en el alcance del Benchmarking del capítulo 3.
- Programar con el socio una revisión anual de los principales indicadores para identificar desviaciones o mejoras en los puntos que se identificaron de mayor impacto.

LISTA DE REFERENCIAS

- Fifer, R. M. (1989). Cost benchmarking functions in the value chain. *Strategy & Leadership*, 17(3), 18-19.
- http://www.globalbenchmarking.ipk.fraunhofer.de/fileadmin/user_upload/GBN/PDF/2012_gbn_survey_business_improvement_and_benchmarking_web.pdf
- Boxwell Jr, Robert J (1994). *Benchmarking for Competitive Advantage*. Robert J Boxwell Jr, New York: McGraw-Hill. p. 225. ISBN 0-07-006899-2.
- *Beating the competition: a practical guide to Benchmarking*. Washington, DC: Kaiser Associates. 1988. p. 176. ISBN 978-1-56365-018-5.
- Camp, R. (1989). *The search for industry best practices that lead to superior performance*. Productivity Press.
- Organización Liviana – Arata Andreani y Furlanetto – McGraw Hill – 2001
- *Cambiar para crecer* – Carlos Shapira – Editorial Sudamericana – 1998
- *Nueva Estrategia de Aprovisionamiento para la Fabricación* – Giorgio Merli – Díaz de Santos – 1994
- *Administración de la Productividad en las Organizaciones* – Richard Kopelman – McGraw Hill – 1988
- *Productividad Total* – John Belcher – Granica – 1991
- *Productividad Base de la Competitividad* – Mercado Ramírez – Limusa – 1998
- *Cómo mejorar la productividad en el taller* – Castanyer Figueras – Alfaomega / Marcombo – 1999
- *La Gestión de la Productividad* – Joseph Prokopenko – Limusa – 1997
- *Productividad y Calidad* – Adam, Hershauer y Ruch – Trillas – 1995
- *Productividad* – David Bain – McGraw Hill – 1997
- *Productividad y Reducción de Costos* – García Cantú – Trillas – 1995
- Crilly, Tony (2011). *50 cosas que hay que saber sobre matemáticas*. Ed. Ariel. ISBN 978-987-1496-09-9.

- Khachiyan, L. (1979). A polynomial algorithm in linear programming 20. Soviet Math. Doklady.
- Lomba, N.P. Linear Programming: An introductory analysis. McGraw-Hill, New York, 1964
- Universidad Peruana Unión - Biblioteca Central - libro número 0.001245/f12 Programación lineal.
- BP PLC, 2016 Energy Outlook Report. URL <http://www.bp.com>
- EURACOAL, Coal Industry across Europe 2013; IEA 2013. URL <http://www.iea.org>
- Medium-Term Coal Market Report 2013; IEA 2013. URL <http://www.iea.org>
- World Energy Outlook 2013; IEA 2013, URL <http://www.iea.org>
- World Energy Outlook 2014; IEA 2014, URL <http://www.iea.org>
- Environment Annual Report, NOAA 2015, URL <http://www.noaa.gov>
- Advances In Manufacturing Technology VIII: Proceedings Of The 10th National Conference on Manufacturing Research K. Case and S. Newman Taylor & Francis 1994 London ISBN 0-7484-0254-3

ANEXOS

ANEXO A Imágenes del proceso de Reconstrucción de motores



Figura 27. Área de recibo de motores. Fuente: Elaboración propia

**MOTOR DIESEL
A REPARAR**

INFORMACION PARA COMP. MAYOR

OT Cliente: **TE 329409**

Fecha: **6/4/17**

No. Equipo: **22-504** Horas: **20566**

No. Componente: **02271504D**

O.T. Reparación: **MAC 374270**

DESCRIPCION DE FALLA:
Vida útil

Figura 28. Tarjeta de información al recibo de motor en área de Reconstrucción. Fuente: Elaboración propia



Figura 29. Área de almacenamiento temporal patio motores. Fuente: Elaboración propia



*Figura 30. Área de lavado. En la izquierda lavado antes de desarme. En la derecha lavado después de desarme.
Fuente: Elaboración propia*



Figura 31. Estación de trabajo típica para reconstrucción motores 3516. Fuente: Elaboración propia



Figura 32. Ingreso de motor 3516 para reconstrucción. Fuente: Elaboración propia

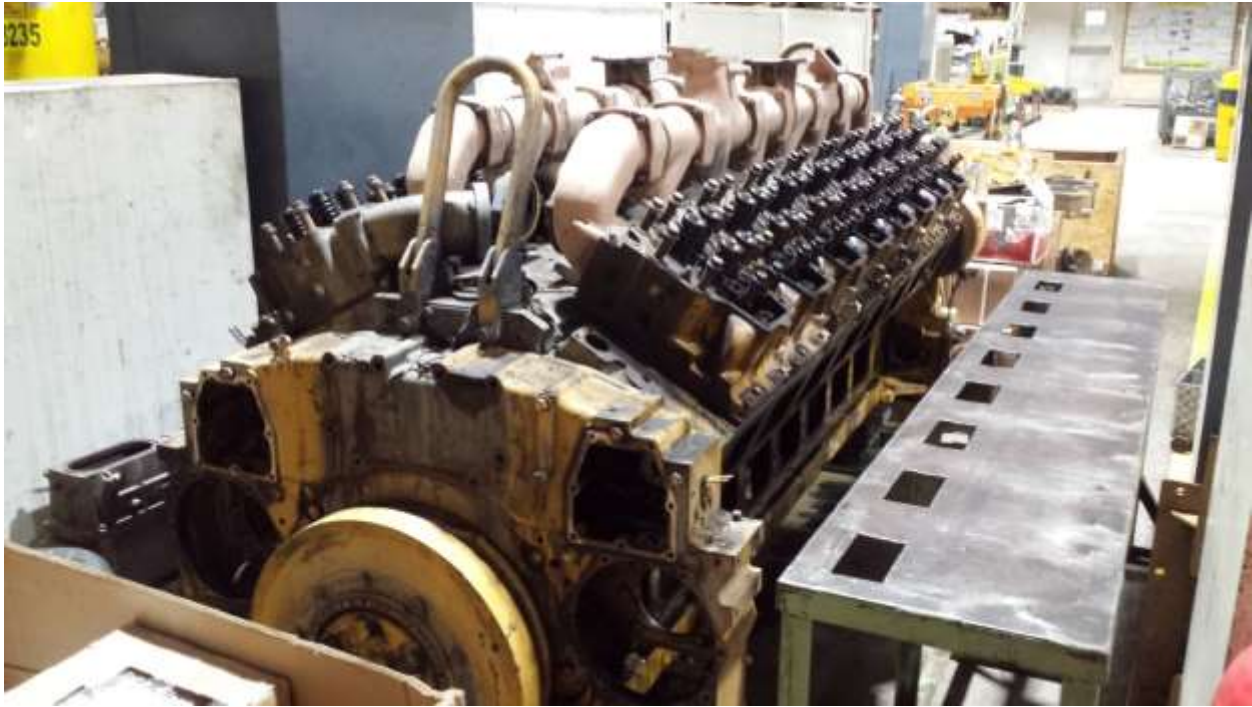


Figura 33. Motor 3516 en proceso de desarme. Fuente: Elaboración propia



Figura 34. Partes de Motor preparadas para lavado en máquinas. Fuente: Elaboración propia



Figura 35. Arme de motor 3516 en proceso. Fuente: Elaboración propia



Figura 36. Motores y otros componentes reconstruidos para enviar a almacenamiento en bodega. Fuente: Elaboración propia

PARA ENTREGA

OT: ZH074800

Fecha: Abi - 24-17

No. Componente: 022464SZ 9

Tec. Responsable: E. paya

Stock Code: 3439262

Localización: YMYA-01 HALLA

Orden de Compra: _____

Transferencia No. _____

COMENTARIO ADICIONAL: _____

Susp Front 793D

IZQUIERDA

ADICIONAR GRASA Y

ACEITE SAE 60

Figura 37. Tarjeta de información de liberación de componente reparado en área de Reconstrucción. Fuente:

Elaboración propia

ANEXO B

PSLWDT - Update Work Order

Save As Delete Open New Search Actions

Powered by iRS

Work Order: RDDEL796 CLOSED

District Code: TCDR - CARBONER DEL CERREON - TCDR

Equipment Reference: 0220486

CAMION CAT 793D DE 240 TON

Component Code: MOTR - MOTOR BASICO

Component Manual Code: *

Asset Segment From: *

Asset Segment To: *

Standard Job: 80743D

Work Order Desc: REL MOTR 793D 02211466D H10347 S3408966

User Status: T - Listy Taller

Initiative Planning Location Extended Task Scheduling Costs Actuals Vs Estimates Job Codes Completion Completion Comments History Reference Codes Document Link

Work Order Type: DH - OVERHAUL/RECUPL

Maintenance Type: PE - Preventivo

Work Group: RDIESEL - RECONSTRUCCION DE MOTORES

Account Code: XCHMRCEP - CORREION MIVA RECONSTRUCCION REC. CARLON

Related Work Order: *

Originator: SABDH - SABINO, JOSE VICENTE

Originating Document Type: *

Originating Document Number: *

Work Related: 00000033346 - ASC MOTR 793D 02211466D H10347 S3408966

Raised Date: 07/07/2016

Raised Time: 10:59:32

POSS Status: *

Lock Integration Updates: *

Tasks

Figura 38.. Imagen de pantalla ERP Ellipse OT de motor 3516. Fuente: Sistema Ellipse

ANEXO C



SISTEMA DE INTEGRIDAD
OPERACIONAL Y CALIDAD CERREJÓN

FORMATO DE CONTROLES CRÍTICOS
RECONSTRUCCION DE MOTORES
CAT: 789C, 793C Y 793C HD

Código:
FO-MAR-MO151
Versión: 27,
Fecha: 2016/08/04

_____ Revisó Supervisor Reconstrucción Motores	_____ Aprobó Superintendente Reconstrucción
EQUIPO: _____	TIPO: _____
COMPONENTE No.: _____	
SERIE DEL MOTOR: _____	SERIE DEL CHASIS: _____
ORDEN DE TRABAJO: _____	HORAS DE TRABAJO: _____
RECONSTRUCCIÓN: TOTAL: _____	PARCIAL: _____
FECHA INICIO: _____	FECHA FINAL: _____
TÉCNICOS: _____	

ASPECTOS CRÍTICOS

ACCIDENTE POTENCIAL

1. Aplastamiento del cuerpo o sus miembros por caída de la carga suspendida.



PASOS CRÍTICOS

- Certificación anual del puente grúa, grúas giratorias, mono rieles, y pórticos.
- Autorización a los operadores de puente grúa, grúas giratorias, mono rieles y pórticos.
- Planeación y ejecución del mantenimiento rutinario y estructural.
- Inspección y control de eslingas y accesorios para manejo de cargas.



REQUISITOS	RIESGOS IDENTIFICADOS	HERRAMIENTAS
 Personas 1. Personal autorizado para manejo de cargas.	 Manejo de carga. Uso y manejo de herramientas	 Puente grúa Elementos de izaje Herramienta extractora de camisas Herramienta extractora de bujes de árbol de levas.
 Equipo 1. Elementos para manejo de carga con revisión trimestral vigente. 2. Puente Grúa en Condiciones estándar Con certificación anual.		

TAREA CRÍTICA

FORMATO PARA RECONSTRUCCION - MOTORES CAT 3516: 789C, 793C Y 793C

PASOS CRÍTICOS

En Imagen

**Lista de verificación****SI Técnico**

(Iniciales)

1. Lavar motor y drenar agua, aceite, y combustible.

Nota: Si el motor requiere análisis de falla, abrir filtros de aceite para inspeccionar por partículas metálicas.

2. Ingresar motor al taller (Peso Aproximado: 9000 Kg)

2.1. Instalar motor en los soportes

Nota: el peso se calcula sin refrigerante, ni aceite

Si usted está realizando la tarea solo, solicite ayuda en este momento, recuerde una persona opera la botonera y otra los elementos de izaje, así evitara los puntos de pellizco y atrapamiento, consulte el documento RG-MAD-0001: 10 Reglas De Oro En El Manejo De Cargas Con Puente Grúa, Grúa Giratoria Y Monorrailes para asegurarse de cumplir con los requisitos de seguridad necesarios para esta tarea.

MEDIDAS DE CONTROL

El puente grúa/crane se encuentra certificado

Estoy autorizado para operar equipos de carga (puente grúa/crane)

He efectuado la inspección visual de los elementos de izaje.

He verificado la inspección trimestral de los elementos de izaje, Color: _____

OTROS CONTROLES

He efectuado la inspección pre operacional del puente grúa/crane.

Conozco el peso de la carga así como la capacidad del sistema mecánico, eslingas y los demás accesorios a utilizar.

REMOVER PERIFERICOS

3. Desmontar la polea del cigüeñal.

Registrar condición encontrada: _____

4. Desmontar el ~~damp~~ pequeño. (Peso Aproximado: 28 Kg).Desmontar ~~damp~~ grande. (Peso Aproximado: 52 Kg).

Registrar condición encontrada: _____

5. Desmontar el soporte frontal. (Peso Aproximado: 18 Kg).

Registrar condición encontrada: _____

6. Desmontar mangueras, líneas y tuberías.

Registrar condición encontrada: _____

7. Desmontar la bomba de agua. (Peso Aproximado: 21 Kg)

Revisar estado del impeller, obstrucciones, etc.

Registrar condición encontrada: _____

8. Desmontar la bomba de combustible

Registrar condición encontrada: _____

9. Desmontar los enfriadores:

Aceite motor: Peso ~~Aprox~~ 45 Kg Transmisión: Peso ~~Aprox~~ 150 Kg

Registrar condición encontrada: _____

Nota: los enfriadores de aceite y frenos de los motores 789C se deben dar de baja.

10. Desmontar bomba de aceite principal: Peso ~~Aprox~~ 44 Kg

Registrar condición encontrada: _____

11. Desmontar el E C M. Marcar físicamente el número del equipo.

Los ECM's solamente son compatibles de acuerdo a la serie del equipo, entre sí:

789C: del 022-250 al 022-271

793C HD: del 022-366 al 022-383

793C: del 022-323 al 022-365 (Algunos han sido convertidos a 793C HD)

Registrar condición encontrada: _____

12. Desmontar las tapas de inspección del bloque.

Registrar condición encontrada: _____

13. Remover las boquillas rociadoras de pistón.

Registrar condición encontrada: _____

14. Desmontar los múltiples de combustible.

Registrar condición encontrada: _____

15. Desmontar el cárter. Revise estado de la malla de succión. (Peso ~~Aprox~~ 90 Kg)

Registrar condición encontrada: _____

16. Desmontar la bomba de barrido. (Peso ~~Aprox~~ 30 Kg)

Registrar condición encontrada: _____

COMPONENTES SUPERIORES

17. Desmonte las tapas de balancines y observe todos los mecanismos de válvulas e inyectores.

Registrar condición encontrada: _____

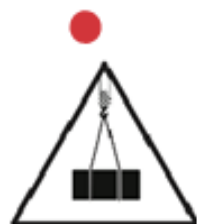
TAREA CRÍTICA

FORMATO PARA RECONSTRUCCION - MOTORES CAT 3516: 789C, 793C Y 793C

2

PASOS CRÍTICOS

En Imagen

**Lista de verificación****SI Técnico**

(Iniciales)

18. Desmonte los conjuntos de balancines.

Registrar condición encontrada: _____

☐ _____

19. Desmontar los puentes de válvulas.

Registrar condición encontrada: _____

☐ _____

20. Desmontar las cajas de balancines.

Registrar condición encontrada: _____

☐ _____

21. Desmontar la caja de termostatos. (Peso Aprox: 40 Kg)

Registrar condición encontrada: _____

☐ _____

22. Desmontar los múltiples de agua. (Peso Aprox: 46 Kg).

Registrar condición encontrada: _____

☐ _____
23. Desmontar mesa de turbos en motores Tipo 793 C (Peso Aprox: 908 Kg)

Si usted está realizando la tarea solo, solicite ayuda en este momento, recuerde una persona opera la botonera y otra los elementos de izaje, así evitara estar en la línea de fuego de la posible trayectoria de caída de la carga, consulte el documento RG-MAD-0001: 10 Reglas De Oro En El Manejo De Cargas Con Puente Grúa, Grúa Giratorias Y Monorraíles para asegurarse de cumplir con los requisitos de seguridad necesarios para esta tarea.

MEDIDAS DE CONTROL

El puente grúa/jib, crane se encuentra certificado

☐ _____

Estoy autorizado para operar equipos de carga (puente grúa/jib, crane)

☐ _____

He efectuado la inspección visual de los elementos de izaje.

☐ _____

He verificado la inspección trimestral de los elementos de izaje, Color: _____

☐ _____

Desmontar Turbos de alta en Motores Tipo 789C, y 793C HD (Peso Aprox: 42 Kg)

Registrar condición encontrada: _____

☐ _____

24. Desmontar el postenfriador. (Peso Aprox: 136 Kg)

Registrar condición encontrada: _____

☐ _____

25. Desmontar los múltiples de escape. (Peso Aprox: 68 Kg)

Registrar condición encontrada: _____

☐ _____

26. Desmontar los codos de admisión.

Registrar condición encontrada: _____

☐ _____

27. Desmontar los inyectores.

Registrar condición encontrada: _____

☐ _____

28. Desmontar las culatas. (Peso Aprox: 48 Kg)

Registrar condición encontrada: _____

☐ _____

29. Desmontar los seguidores de levas.

Registrar condición encontrada: _____

☐ _____
ESTRUCTURA TRASERA

30. Desmontar los engranajes de ejes de levas.

Registrar condición encontrada: _____

☐ _____

31. Desmontar el mando de accesorios traseros.

Registrar condición encontrada: _____

☐ _____

32. Desmontar el volante. Revise la cremallera (Peso Aprox: 107 Kg)

Registrar condición encontrada: _____

☐ _____

33. Desmontar la carcasa trasera. (Peso Aprox: 268 Kg)

Registrar condición encontrada: _____

☐ _____

34. Desmontar el tren de engranajes traseros.

Registrar condición encontrada: _____

☐ _____
ESTRUCTURA FRONTAL

35. Desmontar los drives delanteros.

Registrar condición encontrada: _____

☐ _____

36. Desmontar la carcasa delantera. (Peso Aprox: 182 Kg)

Registrar condición encontrada: _____

☐ _____
ESTRUCTURA TRASERA

37. Desmontar los árboles de levas. (Peso Aprox: 48 Kg)

Registrar condición encontrada: _____

☐ _____

38. Desmontar las contrapesas. (Peso Aprox: 25 Kg)

Nota: Numerar contrapesas antes de desmontar y marcar contrapesas y cigüeñal con número del equipo.

Revise condición de las superficies de contacto.

Registrar condición encontrada: _____

☐ _____

TAREA CRÍTICA

FORMA TO PARA RECONSTRUCCION - MOTORES CAT 3516: 789C, 793C Y 793C

3

PASOS CRÍTICOS

En imagen

Lista de verificación**SI Técnico**

(Iniciales)



39. Desmontar las líneas de potencia. (Peso Aprox: 25 Kg)

Registrar condición encontrada: _____

40. Desarmar los conjuntos pistón-biela.

Registrar condición encontrada: _____

41. Desmontar Cigüeñal (Peso Aprox: 751 Kg)

Si usted está realizando la tarea solo, pida ayuda en este momento, recuerde una persona opera la botonera y otra los elementos de izaje, así evitara ser golpeado por la carga, consulte el documento RG-MAD-0001: 10 Reglas De Oro En El Manejo De Cargas Con Puente Grúas, Grúas Giratorias Y Monorraíles para asegurarse de cumplir con los requisitos de seguridad necesarios para esta tarea.

MEDIDAS DE CONTROL

El puente grúa/jib, crane se encuentra certificado.

Estoy autorizado para operar equipos de carga (puente grúas/jib, crane)

He efectuado la inspección visual de los elementos de izaje.

He verificado la inspección trimestral de los elementos de izaje, Color: _____

Registrar condición encontrada: _____

42. Desmontar las camisas. (Peso Aprox: 18 Kg)

Registrar condición encontrada: _____

43. Retirar la taponería y las guías del bloque.

Registrar condición encontrada: _____

ARME DEL MOTOR**44. Bloque de cilindros (Peso Aprox: 2250 Kg)**

Advertencia: Si acaba de iniciar el arme usted solo, pida ayuda en este momento, recuerde una persona opera la botonera y otra los elementos de izaje y herramientas necesarias para levantar, girar y colocar el bloque sobre los soportes. Recuerde usar protectores para evitar que los bordes filosos del bloque corten las eslingas de nylon, consulte el documento RG-MAD-0001: 10 Reglas De Oro En El Manejo De Cargas Con Puente Grúas, Grúas Giratorias Y Monorraíles para asegurarse de cumplir con los requisitos de seguridad necesarios para esta tarea.

MEDIDAS DE CONTROL

El puente grúa/jib, crane se encuentra certificado.

Estoy autorizado para operar equipos de carga (puente grúas/jib, crane)

He efectuado la inspección visual de los elementos de izaje.

He verificado la inspección trimestral de los elementos de izaje, Color: _____

45. Verificar el número de componente, si no es el especificado, Coloque el correcto.

Nombre: _____ Fecha: _____

46. Inspección: Conductos aceite, Rebabas en conductos de aceite bancada, Galerías de agua y fuelles. Estado de alojamiento de arandelas axiales, Orificio de alojamiento camisas, Roscas y tapones.

47. Revisar y verificar comentarios. O.T. de rectificación RM: _____

Nombre: _____ Fecha: _____

48. Revisar e instalar tapones / guías

Nombre: _____ Fecha: _____

49. Revisar e instalar las válvulas reguladoras de presión de las boquillas.

Nombre: _____ Fecha: _____

50. Remover e instalar los bujes de levas

En los motores de los 789C, 793C y 793C HD la Línea de Engrase debe quedar hacia el centro de la "V" para cilindro #1 y hacia afuera del motor para el cilindro #2 mirando desde el frente, trazando una línea imaginaria que pase por los centros de los bujes. El orificio más cercano al engrase debe quedar en el pistón No. 1 20°± 5° hacia arriba, y en el pistón No. 2 20°± 5° hacia abajo.

Nombre: _____ Fecha: _____

51. Instalación del cigüeñal (Peso Aprox: 751 Kg)

Si usted está realizando la tarea solo, pida ayuda en este momento, recuerde una persona opera la botonera y otra los elementos de izaje, así evitara ser golpeado por la carga, consulte el documento RG-MAD-0001: 10 Reglas De Oro En El Manejo De Cargas Con Puente Grúas, Grúas Giratorias Y Monorraíles para asegurarse de cumplir con los requisitos de seguridad necesarios para esta tarea.

MEDIDAS DE CONTROL

El puente grúa/jib, crane se encuentra certificado.

Estoy autorizado para operar equipos de carga (puente grúas/jib, crane)

He efectuado la inspección visual de los elementos de izaje.

He verificado la inspección trimestral de los elementos de izaje, Color: _____



TAREA CRÍTICA

FORMA TO PARA RECONSTRUCCION - MOTORES CAT 3516: 789C, 793C Y 793C

4

ANEXO D**Cuestionario Benchmarking**

Tópico: Producción

Pregunta 1: Cuál es la producción de motores 3516 mensual o anual

Pregunta 2: Cuál es la capacidad instalada de producción mensual

Pregunta 3: Que origen tienen los repuestos usados en la reparación

Pregunta 4: Hay tercerización en el origen de los repuestos y mano de obra

Pregunta 5: Cómo se toma la decisión de tercerización

Pregunta 6: Cómo es el proceso de reparación de motores 3516

Pregunta 7: Que tipo de herramientas se usan para la reconstrucción de motores 3516

Pregunta 8: Los componentes menores son reparados, producto reman o son nuevos

Pregunta 9: Existe automatización en alguna parte del proceso de reconstrucción de motor 3516

Tópico: Recurso Humano

Pregunta 1: Tiene política de reconocimientos/incentivos

--

Pregunta 2: Cuál es el entrenamiento previo para un técnico reconstructor

--

Pregunta 3: Cada cuanto se hace capacitación y que temas se revisan

--

Topico: Sistemas de Informacion

Pregunta 1: Cómo apoya el sistema de información la reconstrucción de los motores 3516

--

Pregunta 2: Que aplicaciones o software se usa para el apoyo de la reconstrucción de los motores.

--

Tópico: Proceso de reparación:

Pregunta 1: Cuantas HH se requiere para armar un motor 3516

--

Pregunta 2: Cuántas personas intervienen en la reconstrucción de un motor 3516

--

Pregunta 3: Cual es el ciclo promedio de reparación de un motor 3516

--

Pregunta 4: Cómo es la estructura de trabajo para la reconstrucción de un motor 3516.

--

Tópico: Calidad

Pregunta 1: Existen indicadores de calidad del proceso

--

Pregunta 2: Hay garantía para los motores reconstruidos, cómo se mide, cual es el resultado

--

Pregunta 3: Que normas de calidad se siguen para la reconstrucción de los motores.

--

Pregunta 4: Que guías de reparación se siguen para la reconstrucción de los motores

--

Pregunta 5: Se miden los retrabajos? Cuál es el resultado de ese indicador.

--

Pregunta 6: Cuál es el promedio de VM de los motores 3516 reconstruidos

--

Tópico: Costos

Pregunta 1: Cuál es el costo promedio de reparación de un motor 3516

--

Pregunta 2: Cuál es el costo de la mano de obra por HH para la reparación de un motor 3516

--

Pregunta 3: Que prestaciones y beneficios reciben los empleados técnicos a cargo de la reconstrucción de motores 3516

--

Pregunta 4: Cual es la relación de costos administrativos por motor 3516 reconstruidos

--

ANEXO E

Preguntas para el diagnóstico proceso de reconstrucción en Cerrejón

Objetivo: Presentar un mayor conocimiento de los procesos que se desarrollan en el área de reconstrucción, con el propósito de tener una visión de las actividades importantes.

EMPRESA: Carbones del Cerrejón.	FECHA ENTREVISTA: 22 de Abril de 2017.
AREA: Reconstrucción Motores	NOMBRE: Javier Gómez
CARGO: Supervisor de Motores	AÑOS EN LA EMPRESA: 33 años
PROFESION: Ing. Mecánico	

LISTADO DE PREGUNTAS

Metodología de respuestas: se deben contestar si o no, mencionar cuales son, algunas tienes respuestas abiertas donde se debe especificar de manera breve lo que se pide, (todas las preguntas formuladas están enfocadas al motor 3516).

Pregunta 1. Balanceo de línea del área de reconstrucción Motor 3516. (Cuántas personas son necesarias para la reconstrucción).

Respuesta: Para la reconstrucción de un motor desde el desarme al arme es posible hacerlo con 2 personas. Actualmente hay 4 grupos de trabajo 3 grupos de 3 y 1 grupo de 2.

Pregunta 2. Procedimientos que se ejecutan en el área de reconstrucción de motor 3516. (Los de mayor impacto). (El paso a paso desde que llega hasta que se entrega).

Respuesta: Se recibe el motor en recibo, pasa a ser almacenado si no se va a reparar inmediatamente, luego pasa de almacenamiento, lavado, y luego a desarme. Después de desarme pasa a arme. Hay más detalle en el instructivo de arme.

Pregunta 3. Cuáles son los estándares de calidad con que se entregan los motores reparados.?

Respuesta:. Los motores se entregan probados después de pasar por un dinamómetro en el que deben cumplir con una curva de torque potencia. Se entregan con todas las partes sin fugas y

listos para instalar.

Pregunta 4. Cual es Metodología de las órdenes de trabajo para la reconstrucción de motores 3516?

Respuesta: Las órdenes de trabajo se crean cuando el motor va a ingresar a reparación. Todas se manejan a través de Ellipse que es el Software ERP de la compañía. Se asigna a cada orden un solo motor y los técnicos que van a repararlo.

Pregunta 5. Eficiencia y productividad del personal del área de reconstrucción motores 3516? Indicadores?.

Respuesta: La productividad real de los técnicos se ha medido en 60%.

Pregunta 6. Hay personal que pueda considerarse imprescindible cuya ausencia afecta a la actividad normal del área de reconstrucción de motores 3516?

Respuesta: No hay

Pregunta 7. ¿El número de horas extraordinarias que se genera en el área de reconstrucción de motores es habitualmente superior al máximo legal autorizado?

Respuesta: NO. Está estrictamente prohibido que un técnico haga más de 12 horas extras en una semana. Actualmente hay una fuerte restricción para programar horas extras dadas la crisis de la compañía.

Pregunta 7. ¿Se realiza una formación inicial efectiva cuando se incorpora un nuevo trabajador al área de reconstrucción?

Respuesta: Hay un sistema de entrenamiento formal para cada técnico que llega pueda entrenarse específicamente en la línea 3516. Estos entrenamientos se hacen en el mismo lugar

de trabajo con ayuda de computadores. Job Training. Se hacen repasos anuales o periódicos de cada conocimiento.

Pregunta 8. ¿Hay un plan de formación para el personal del área de reconstrucción? Mencíonelo.

Respuesta: Cada técnico tiene cursos específicos para la reparación de motores. Incluso hay para componentes menores del mismo motor. Arme de culatas, bombas, etcétera.

Pregunta 9. ¿Este plan de formación hace que los conocimientos en el área de reconstrucción motor 3516 mejoren?

Respuesta: Se asegura que todos los técnicos tengan el mismo entrenamiento y que lo repasen periódicamente.

Pregunta 10. ¿El personal del área de reconstrucción de motores 3516 está capacitado para trabajar en otras áreas (operaciones, seguridad, control, etc)?

Respuesta: Efectivamente gran parte del entrenamiento de los técnicos es en seguridad. Se hace énfasis en el trabajo seguro y el cumplimiento de los controles para evitar accidentes fatales. Adicionalmente hay entrenamiento en control de calidad..

Pregunta 11. ¿Se respeta el horario de entrada y salida?

Respuesta: Se cumple estrictamente pero las horas de inicio de trabajo y finalización de la misma no. Los técnicos toman mucho tiempo de ocio.

Pregunta 12. ¿Se respeta la duración de los descansos?

Respuesta: Los técnicos toman más tiempo del que debe ser para descanso.

Pregunta 13. ¿La media de tiempos muertos no productivos es la adecuada?

Respuesta: No. Se pierde cerca del 40% del tiempo efectivo de los técnicos.

Pregunta 14. ¿El personal de reconstrucción de motores 3516 se siente reconocido en su trabajo?

Respuesta: Se esta haciendo un esfuerzo por hacer reconocimientos diarios, mensuales y trimestrales a los técnicos para que sientan su labor apreciada.

Pregunta 15. ¿El personal de Reconstrucción de motores se siente satisfecho con su horario?

Respuesta: Hay algún recelo o problema con los turnos que deben hacer porque son 2x1 2x3, trabajan dos días descansan uno, luego trabajan 2 días y descansan tres. Sin embargo la gente le gusta esos turnos.

Pregunta 16. ¿El personal de Reconstrucción se considera bien retribuido?

Respuesta: Si se considera.

Pregunta 17. ¿El nivel de absentismo entre el personal del área de reconstrucción de motores 3516 es bajo?

Respuesta: Es bajo.

Pregunta 18. ¿El nivel de rotación entre el personal del área de reconstrucción es bajo?

Respuesta: Es bajo

Pregunta 19. ¿Se dispone de los medios de elevación que se necesitan (carretillas elevadoras,

Respuesta: carretillas manuales, polipastos, puentes grúa, diferenciales, etc) Se cuenta con

las herramientas, sin embargo se ha notado deficiencia en número y eficacia del uso de monta cargas y puente grúas.

Pregunta 20. ¿Las herramientas de área de reconstrucción de motores corresponden con lo que se necesita?

Respuesta: Se tienen muy buenas herramientas para cada técnico. No hay restricciones

Pregunta 21. ¿Los equipos de medida están calibrados?

Respuesta: Todos están calibrados. Hay un programa de calibración periódico que se cumple cabalmente.

Pregunta 22. ¿Existe un inventario de herramientas?

Respuesta: Si existe. Las herramientas las conserva la superintendencia de Herramienteria y Logística.

Pregunta 23. Se comprueba periódicamente el inventario de herramientas?

Respuesta: Se verifica mensualmente.

Pregunta 24. ¿La programación de las tareas en el área de reconstrucción se cumple?

Respuesta: Se cumple con las tareas cuando se cuenta con todos los repuestos. Actualmente hay una crisis por la falta de los mismos en varios modelos de componentes incluyendo los motores 3516.

Pregunta 25. ¿Se han analizado los fallos críticos de los motores 3516? Que indicadores se tienen?.

Respuesta: Cuando se detectan fallas se han encontrado incumplimiento de los procedimientos y falla de los repuestos adquiridos al fabricante del motor.

Pregunta 26. ¿La proporción entre horas/hombre dedicadas a reconstrucción de motores 3516 programado es la adecuada?

Respuesta: Si. Se cree que es posible reconstruir los motores con menos horas hombre, es decir, mejorar la productividad.

Pregunta 27. ¿Hay un sistema claro de asignación de prioridades, para la reconstrucción de motores 3516? Cuál es el sistema?

Respuesta: No hay un sistema para hacer la asignación de prioridades pero los componentes que generan un equipo en espera son prioritarios.

Pregunta 28. ¿Este sistema se utiliza correctamente?

Respuesta: No hay sistema claro.

Pregunta 29. ¿Todas las tareas habituales de la reconstrucción de motores 3516 están recogidas en procedimientos?

Respuesta: Todas las tareas de reconstrucción se encuentran en procedimientos.

Pregunta 30 ¿Los procedimientos son claros y perfectamente entendibles?

Respuesta: Los procedimientos son claros. Se construyen en compañía de los técnicos.

Pregunta 31. ¿Los procedimientos contienen toda la información que se necesita para realizar cada tarea?

Respuesta: Todos los procedimientos contienen la información relevante. Adicionalmente se cuenta con un manual específico para el modelo de motor y con una web del fabricante para consultar partes o referencias de posición y arme del motor.

Pregunta 32. El personal de reconstrucción recibe formación en estos procedimientos, especialmente cuando se producen cambios?

Respuesta: Se hacen divulgaciones de los cambios cuando el fabricante informa a través de boletines. Se actualizan los entrenamientos de acuerdo con esos cambios.

Pregunta 33. ¿El proceso de implantación de un nuevo procedimiento es el adecuado?

Respuesta: Si, es adecuado.

Pregunta 34. ¿Cuándo el personal de reconstrucción realiza una tarea utiliza el procedimiento

aprobado?

Respuesta: Correcto.

Pregunta 35. ¿Los procedimientos de reconstrucción se actualizan periódicamente?

Respuesta: Sólo cuando es requerido por cambios informados por fabricante.

Pregunta 36. ¿Todos los trabajos que se realizan se reflejan en una orden de trabajo?

Respuesta: Todo queda documentado en una OT de trabajo en el programa Ellipse.

Pregunta 37. ¿El formato de esta orden de trabajo es adecuado?

Respuesta: El formato permite ingresar la gran mayoría de la información. Hay otra que debe ser ingresada en el instructivo de arme.

Pregunta 38. ¿Los operarios cumplimentan correctamente estas órdenes?

Respuesta: Si lo hacen, sin embargo algunos motores que han fallado se ha encontrado como razón la falta en un procedimiento.

Pregunta 39. ¿Las órdenes de trabajo se introducen en el sistema informático?

Respuesta: Si. Ellipse.

Pregunta 40. ¿El sistema informático del área de reconstrucción resulta adecuado?

Respuesta: Si es adecuado

Pregunta 41. ¿El sistema informático aporta información útil?

Respuesta: El sistema es bueno pero se ha detectado que la información ingresada no es correcta o está incompleta en muchos casos.

Pregunta 42. ¿El sistema informático aporta información fiable?

Respuesta: En la mayoría de los casos si.

Pregunta 43. ¿Los mandos del área de reconstrucción consultan habitualmente la información contenida en el sistema?

Respuesta: Si, diariamente.

Pregunta 44. ¿Los operarios del área de reconstrucción de motores consultan habitualmente la información contenida en el sistema? Cual información?

Respuesta: En su mayoría ingresan información.

Pregunta 45. ¿Se emite un informe periódico que analiza la evolución del área de reconstrucción?

Respuesta: Si hay un informe mensual del avance de la producción y la gestión.

Pregunta 46. ¿El informe aporta información útil para la toma de decisiones?

Respuesta: Si puede usarse para toma de decisiones.

Pregunta 47. ¿Se ha elaborado una lista de repuesto mínimo para la reconstrucción de motores 3516 que debe permanecer en stock?

Respuesta: Existe un APL (Aproved Part List) para el motor y se asegura que en bodega existan varios de estos para las reparaciones.

Pregunta 48. ¿Los criterios empleados para elaborar de esa lista son válidos?

Respuesta: Son elaborados de acuerdo con las guías del fabricante y sus criterios de reusabilidad.

Pregunta 49. ¿Se comprueba periódicamente que se dispone de ese stock?

Respuesta: Semanalmente.

Pregunta 50. ¿La lista de stock mínimo se actualiza y mejora periódicamente?

Respuesta: Si se hace automáticamente una parte y manualmente otra.

Pregunta 51. Se realizan periódicamente inventarios de repuesto en área de reconstrucción motores 3516?

Respuesta: Hay errores en los inventarios porque se presentan discrepancias de varias referencias y repuestos. Cuando se solicitan los repuestos no llegan o llegan incompletos.

Pregunta 52. ¿Los movimientos del almacén se registran en el sistema informático?

Respuesta: Se registran automáticamente.

Pregunta 53. ¿Coincide lo que se cree que se tiene (según los inventarios y el sistema informático) con lo que se tiene realmente?

Respuesta: La mayoría, pero cada vez es más frecuente la falta y discrepancia de repuestos.

Pregunta 54. ¿El almacén está situado en el lugar adecuado?

Respuesta: Si está bien situado.

Pregunta 55. ¿Es fácil localizar cualquier pieza?

Respuesta: Hay un sistema para hacer las localizaciones pero sin embargo cuando se almacena se comenten muchos errores que inducen las discrepancias.

ANEXO F

Formato de plan de mejoramiento

[illegible]